N° 4 28 FÉVRIER 1931

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. 

## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Art de l'Ingénieur.

**L'acétylène, sa fabrication et ses applications industrielles.**

L'acétylène dont l'existence avait été entrevue dès 1836 par Davy, mais qui n'a pu être fabriqué industriellement qu'après la découverte du procédé Bullier pour la préparation du carbure de calcium, est aujourd'hui à la base d'une industrie fort importante, et possède des applications fort variées.

Grâce à sa très forte teneur en carbone, c'est un gaz éminemment combustible, dont la chaleur de combustion atteint environ 12.000 calories par kilo; employé au chalumeau, l'acétylène permet d'obtenir une température supérieure à celle du chalumeau oxhydrique, température qui peut être évaluée à 3.000 degrés lorsqu'on utilise une partie d'acétylène pour une partie d'oxygène. L'acétylène brûle avec une flamme très lumineuse, et c'est lui qui, de tous les gaz, possède le plus grand pouvoir éclairant; on peut admettre qu'il est de 15 à 20 fois plus éclairant que le gaz de houille brûlé dans des becs ordinaires, et 4 fois plus que ce dernier brûlé dans des becs à incandescence.

Si l'on se place au point de vue des réactions chimiques, les qualités de l'acétylène ne sont pas moins remarquables et ce gaz est utilisé dans la carburation du fer, la fabrication du plomb, la préparation du noir d'acétylène et diverses réactions industrielles, où l'on fait surtout appel à son pouvoir réducteur.

L'acétylène n'est guère préparé industriellement qu'à partir du carbure de calcium, qui constitue ainsi la véritable matière première de la fabrication de ce gaz.

Le carbure de calcium qui se présente, comme l'on sait, sous forme d'un corps solide à cassure cristalline, est une matière assez inerte au point de vue chimique, mais qui traitée par l'eau donne lieu à la réaction bien connue qui entraîne un abondant dégagement d'acétylène.

Théoriquement, le carbure de calcium est obtenu en calcinant dans le creuset d'un four électrique un mélange intime de chaux de marbre et de charbon pur. Mais les nécessités industrielles ont conduit à substituer à ces matières, pour la fabrication du carbure de calcium usuel, la chaux vulgaire et le coke; ces matières sont placées dans des creusets en magnésie fermés, le chauffage du four électrique étant obtenu par des électrodes en charbon de cornue. alimentés par un courant de bas voltage et de grande intensité; la distribution de la chaux et du charbon peut être faite à la main, mais dans les installations les plus modernes, elle est réalisée au moyen de distributeurs mécaniques.

La fabrication du carbure de calcium, qui nécessite de grosses quantités d'énergie électrique, a pris une très grande importance dans certains pays de montagnes, et notamment dans la région des Alpes.

C'est que le carbure de calcium n'est pas seulement la matière première de la préparation de l'acétylène, c'est aussi le point de départ de la fabrication de la cyanamide de chaux, qui est, comme l'on sait, un engrais azoté calcique, aujourd'hui très utilisé; la cyanamide traitée à l'autoclave peut d'ailleurs servir de base à la préparation de l'ammonia-

que, matière première de l'acide nitrique, employé dans de très nombreuses fabrications et qui joue notamment un rôle essentiel dans le domaine des explosifs.

Il y a intérêt à ce que le carbure de calcium employé pour la préparation de l'acétylène soit aussi pur que possible, avec une teneur en phosphore très réduite. La pureté du carbure de calcium est particulièrement importante pour certaines applications, comme par exemple pour la confection de soudures soignées. On fabrique, à l'heure actuelle, du carbure de calcium, dit à haut rendement, qui peut fournir jusqu'à 325 litres d'acétylène par kilo, sous une pression de 760 millimètres, et à la température de 15°. Ce carbure riche est à attaque très rapide, ce qui permet en particulier d'éviter toute surproduction dans les appareils d'utilisation, l'attaque du carbure par l'eau pouvant être strictement limitée à la durée pendant laquelle on a besoin d'acétylène.

L'acétylène résulte de la décomposition du carbure de calcium par l'eau. La réaction théorique indique qu'un kilo de carbure pur décompose 562 grammes d'eau, mettant en liberté 340 litres d'acétylène pur et sec.

Sans pouvoir entrer ici dans la description des appareils générateurs d'acétylène qui tous reposent sur la décomposition du carbure par l'eau, nous indiquerons que ces appareils se divisent en appareils à chute d'eau, appareils à contact et appareils à chute de carbure.

Le principe en est extrêmement simple, mais la réalisation en est plus délicate, car en raison des fortes températures de réaction, il y a lieu de prendre certaines précautions tant au point de vue de la sécurité que dans le but d'empêcher la formation de benzène ou d'autres hydrocarbures nuisibles. Il faut d'autre part, assurer un rendement économique satisfaisant.

Les générateurs d'acétylène peuvent se classer différemment, en tenant compte de la pression à laquelle on obtient ce corps; dans les uns, l'acétylène est obtenu à une pression qui est seulement légèrement supérieure à la pression atmosphérique; dans d'autres à des pressions variées jusqu'à celle de liquéfaction. D'autres encore, ont spécialement pour but la liquéfaction de l'acétylène ou la préparation de l'acétylène dissous, sur lequel nous reviendrons tout à l'heure.

Le carbure de calcium dont on part étant rarement pur, l'acétylène produit contient, en quantité plus ou moins grande des gaz tels que l'hydrogène phosphoré, l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque, etc... gaz qui offrent de nombreux inconvénients et qui si l'on se place au point de vue des opérations de soudure sont aussi nocifs pour les ouvriers que pour l'exécution même du travail. Aussi a-t-on mis au point de nombreux procédés pour la purification de l'acétylène : lavage, filtrage à travers des corps absorbants (coke, charbon de bois, etc...) épuration chimique au moyen de réactifs appropriés, etc... L'industrie livre aujourd'hui divers types d'épurateurs d'acétylène par voie chimique, de fonctionnement très satisfaisant, et dont certains font appel à l'emploi de matières épurantes susceptibles d'être régénérées.

On a cherché depuis longtemps à dégager les consommateurs d'acétylène du souci de la fabrication de ce gaz et c'est cette préoccupation qui a conduit à l'industrie de l'acétylène dissous, mise au point à la suite des recherches effectuées par M. Georges Claude.

Il est, en effet, impossible de vulgariser l'emploi de l'acétylène sous forme de gaz liquéfié ou comprimé en raison des dangers que comporterait sa manipulation dans de telles conditions. On a donc cherché à dissoudre l'acétylène et à trouver un solvant approprié; ce solvant est l'acétone, qui a la propriété de dissoudre 25 fois son volume de gaz à la pression atmosphérique, la quantité dissoute augmentant d'ailleurs proportionnellement à la pression; c'est ainsi qu'un litre d'acétone sous une pression de dix atmosphères peut contenir 250 litres de gaz acétylène. L'utilisation de l'acétylène dissous est entrée aujourd'hui dans la pratique courante, surtout grâce à l'emploi de procédés dans lesquels l'acétylène se trouve dissous dans l'acétone dont est imbibée une matière poreuse convenablement choisie.

De nombreuses usines livrent aujourd'hui de l'acétylène épuré et dissous, sous une forme très commode pour les usagers; ce combustible est fourni aux consommateurs dans des bouteilles métalliques analogues à celles qui ont été adoptées pour la fourniture de l'oxygène comprimé.

L'éclairage à l'acétylène a connu un vif développement dans les années qui ont précédé la guerre, tant pour l'éclairage fixe et pour l'éclairage public que pour l'éclairage portatif.

C'est que en raison de son grand pouvoir éclairant et de la lumière très blanche que produit sa combustion l'acétylène constitue un remarquable agent d'éclairage.

Toutefois, en raison des progrès de l'électrification et du fait que, pendant la guerre, les particuliers ont été presque entièrement privés de carbure de calcium alors réservé aux besoins de la défense nationale, l'éclairage à l'acétylène a subi une très notable régression, surtout en ce qui concerne l'éclairage fixe.

Malgré cela l'éclairage à l'acétylène est bien loin d'avoir disparu, soit que l'on utilise des becs à flamme nue, soit que l'on utilise des manchons à incandescence. Il reste, en effet, susceptible de rendre de grands services dans les installations industrielles, en cas de panne d'électricité, et continue à être couramment utilisé pour l'éclairage des mines (mines de fer, mines de sel, carrières) pour l'éclairage des chantiers, avec de gros appareils à éclairage intensif, pour l'éclairage des établissements forains, etc... Il faut encore signaler que dans certains ports, les bateaux de pêche emploient de petits appareils et des lampes à acétylène (la consommation

du port de Boulogne-sur-Mer pour ces applications atteint annuellement près de 1.000 tonnes de carbure de calcium) et que l'éclairage à acétylène ne cesse de se développer dans les chemins de fer, surtout en ce qui concerne la signalisation.

D'autre part, l'acétylène est toujours extrêmement utilisé dans le domaine de l'automobile, soit pour l'éclairage normal, soit pour l'éclairage de secours.

Dans les pays coloniaux, l'éclairage à l'acétylène est particulièrement avantageux, en raison notamment de la facilité d'entretien des appareils et de ravitaillement en carbure.

Un certain nombre de maisons sont spécialisées dans la fabrication du matériel d'éclairage à l'acétylène, et, en particulier des lampes de sûreté qui sont utilisées dans les mines; divers types de lampes de sûreté ont d'ailleurs été mis au point après des essais en atmosphère explosive, effectués au service des égouts de la ville de Paris et dans les laboratoires de l'Automobile-Club de France.

L'acétylène est également utilisé pour certaines opérations de chauffage et sert à l'alimentation de divers types de réchauds.

Le chalumeau oxyacétylénique constitue à l'heure actuelle le débouché le plus important de l'industrie de l'acétylène. Il s'agit là d'une application où l'emploi de l'acétylène va de pair avec celui de l'oxygène, et qui n'a pu atteindre son développement actuel que grâce aux progrès réalisés dans l'industrie de l'oxygène. Les procédés modernes de liquéfaction de l'air et de séparation de l'oxygène de l'azote atmosphérique permettent de fournir, à un prix de revient très abordable l'oxygène qui constitue le carburant indispensable de l'acétylène dans toutes les applications du chalumeau.

Nous ne pouvons décrire ici les divers types de chalumeaux oxyacétyléniques, véritables instruments de précision qui doivent être construits par des spécialistes avertis et être l'objet de soins d'entretien continus: nous rappellerons seulement qu'un chalumeau acétylénique se compose, en principe, d'un corps cylindrique, muni de deux ajutages, l'un pour l'acétylène, l'autre pour l'oxygène, le mélange de ces deux gaz étant enflammé à la sortie de l'appareil. Le chalumeau doit réaliser un travail mécanique très spécial, devant entraîner un volume constant d'acétylène à basse pression, par un volume constant d'oxygène à une pression supérieure; il doit offrir toute sécurité, même en cas de fausse manœuvre, doit être indéréglable, et produire une flamme stable; régulièrement alimentée en acétylène et en oxygène.

La principale application du chalumeau oxyacétylénique est la soudure autogène, qui a pris depuis quelques années une extension considérable, et qui rend aujourd'hui des services dans toutes les branches de l'industrie, aussi bien pour l'assemblage des pièces neuves que pour la réparation des pièces accidentées ou usées.

Indépendamment de la soudure autogène proprement dite, le chalumeau oxyacétylénique se prête à d'autres procédés d'assemblage, tels que celui de la soudo-brasure, dans lequel l'assemblage est effectué à l'aide d'un alliage de composition différente de celle des pièces à réunir.

La soudo-brasure, qui a été employée pour la première fois en Amérique, en 1922 pour la jonction de tuyaux de fonte, utilise un bronze de composition très spéciale, qui peut être employé sur la fonte grise, la fonte malléable, l'acier, le cuivre, etc... et se prête à l'exécution des travaux les plus variés.

Une autre application fort intéressante du chalumeau oxyacétylénique se trouve dans le découpage oxyacétylénique, procédé qui permet aujourd'hui de découper facilement des plaques d'acier dont l'épaisseur peut atteindre et même dépasser 50 mm. et auquel on peut avoir recours même sous l'eau. Il existe également des chalumeaux oxyacétyléniques spécialement adaptés aux travaux de dérivetage.

Il faut remarquer que les postes de soudure autogène et de découpage oxyacétylénique peuvent être alimentés soit par des appareils générateurs à acétylène, soit au moyen d'acétylène dissous.

La fabrication industrielle du carbure de calcium ne date que de 1894 et ce n'est qu'en 1895 que l'on a commencé à trouver ce produit dans le commerce.

Alors qu'en 1914 la majeure partie du carbure consommé allait à l'éclairage dans une proportion de 75 % tandis que la soudure autogène ne consommait alors que 7.000 tonnes sur 34.000 tonnes, en 1930 la situation se trouve entièrement retournée. La soudure autogène consomme de 70.000 à 75.000 tonnes de carbure de calcium, l'éclairage portatif de 9.000 à 10.000 tonnes, et l'éclairage fixe, environ 10.000 tonnes.

Il faut noter que l'industrie de l'acétylène a été très utilement soutenue en France par l'Office central de l'Acétylène qui, fondé dès 1905 par les fabricants de carbure de calcium, a centralisé toutes les études techniques concernant le chauffage, l'incandescence, l'épuration, les appareils générateurs et plus récemment la soudure autogène qui, comme nous l'avons vu, est devenue aujourd'hui la plus importante des industries dérivées de l'acétylène.

L. P.

## § 2. — Géographie.

### Les richesses minières de l'Afrique Equatoriale Française.

A côté des nombreuses productions agricoles qui sont de plus en plus mises en valeur dans l'Afrique Equatoriale Française, notre colonie possède aussi de très grandes richesses minières dont on tire un profit qui ne cesse d'aller en s'accroissant d'une façon considérable.

Dès 1882, de Brazza avait signalé l'existence de mines de cuivre et d'autres métaux dans les massifs montagneux situés au sud du Niari et on savait qu'il existait de nombreux gisements de cuivre dans le bassin du Kouilou qui fait suite au Niari. Mais l'abandon de leur exploitation avait été laissé aux

indigènes qui fournissaient de ce métal à l'intérieur seul du pays. On connaissait des mines de sel gemme vers Eloka, dans le bassin de la Likouala. Les mines de cuivre et de plomb de M'Boko Songo, près des sources de la Loudima, affluent du Kouilou, étaient, à cette époque, parmi les plus importantes de la région.

Ce qui amena heureusement un éveil de l'activité minière en A. E. F., ce fut la création, par le décret du 8 juillet 1926, d'un Service des mines, comprenant des ingénieurs, des géologues, des prospecteurs, un ingénieur chimiste, et en même temps fut installé un laboratoire bien outillé. On établit en même temps une mission permanente de richesses minérales. Ce décret marque le point de départ de la mise en valeur des mines de la colonie, et d'autres mesures utiles sont venues le compléter. Le décret du 30 juillet 1927 a prévu la constitution de vastes régions de recherches réservées aux prospections de grande envergure. A la fin de 1928, l'administration était saisie de nombreuses demandes, les unes pour le Moyen-Congo et le Gabon, le reste pour l'Oubangui-Chari; elles visaient une superficie de 700.000 kilomètres carrés. L'A. E. F. est devenue dès lors le siège d'explorations vraiment méthodiques.

Les richesses minières de l'A. E. F. sont sûrement nombreuses et variées, sans être encore toutes complètement bien connues[1]. Le cuivre est celui des métaux qui a fait jusqu'ici l'objet de l'exploitation vraiment la plus complète[2].

M. Georges Bruel nous apprend qu'en 1927 il a été exporté 384 tonnes de minerai de cuivre cotés environ 1.237.000 francs, en augmentation de 100 tonnes sur 1926. La région sur laquelle ont été portés les plus grands efforts des sociétés qui ont entrepris l'étude et la mise en valeur des gisements de cuivre est celle du fleuve Niari. Cette région minière où l'on a reconnu depuis longtemps déjà la présence du cuivre, et en même temps celle du plomb est limitée au nord par le fleuve Niari, au sud par le plateau des Cataractes, à l'est par la région du Djoué, à l'ouest par le bassin de la Loudima. Les puits indigènes qui existent dans la région prouvent bien que la présence de ces métaux a été vraiment connue depuis longtemps.

Bien avant la grande guerre, des missions de géologues avaient déjà examiné la région et discerné l'allure des minerais au point de vue géologique. Parmi celles entreprises plus tard on peut citer la mission de M. de Romeu, professeur à l'Ecole Centrale, qui, en 1909, a fait des études ayant laissé déjà de grands espoirs. Dès 1910, la Compagnie minière du Congo Français exploitait à Mindouli, à 100 kilomètres de Brazzaville, sur le trajet du Congo-Océan, un gisement de minerais de cuivre, contenant notamment de la chalcosine, ce qui représentait des sulfures à haute teneur.

D'intéressants renseignements sur ces mines du Mindouli ont été donnés par M. Charles Pierre qui a été plus récemment en faire une visite et en a bien présenté les caractères[1]. Il signale que le minerai qui y est exploité se rencontre d'une manière générale sous trois formes : la chalcosine qui compte environ 60 à 70 % de cuivre; le carbonate de cuivre ou malachite qui se présente, ainsi que la chalcosine, en masses d'inégales grandeurs, avec une teneur moyenne de 40 à 42 %; enfin la terre noire, terre siliceuse formant toute la masse du gisement, qui renferme un peu de manganèse et du fer à l'état d'oxyde, et qui contient du cuivre disséminé en cristaux isolés ou en veinules dans toute la masse.

D'après les indications qui viennent d'être données par M. Georges Bruel, l'exploitation de Mindouli emploie 117 Européens et 2.620 travailleurs, et elle est prête à en utiliser 5.000, dès qu'elle aura pu les réunir. En 1927, on a exporté 884 tonnes de minerai de cuivre, valant en douane 1.237.000 francs. En 1927 et 1928, on a vendu pour 6.248.992 francs de minerais divers. La mine de Renéville ou du Djoué, vers le nord de Brazzaville, va bientôt être organisée à son tour.

Une mission géologique, accomplie en 1928 par le professeur Duparc, de l'Université de Genève, a apporté d'importantes connaissances nouvelles sur le bassin minier du Niari. D'après les études faites par lui, toute la partie sud du bassin, qui comprend le plateau des Cataractes et divers éperons s'en détachant, est constituée par une carapace gréseuse appartenant aux formations dites du Kundelungu. Les plateaux situés au nord du plateau des Cataractes sont constitués par des formations schisto-calcaires, qui viennent plonger vers le sud sous les grès de Kundelungu. C'est au contact de ces grès et de ces calcaires que se trouve la minéralisation, laquelle comporte non seulement du cuivre, toujours plus ou moins argentifère, mais encore du plomb et du zinc.

Le cuivre se présente sous des formes diverses : soit en blocs de chalcosine, qui est un sulfure compact et riche, soit en poches d'une substance dite *terre noire*, qui renferme des teneurs très variables de cuivre, sous les formes de sulfures, de carbonates et de silicates, avec en outre du manganèse; enfin, ce peut être aussi sous forme d'imprégnations, généralement de sulfures, dans les calcaires sous-jacents.

En août 1929, une société nouvelle, le Consortium minier Congo-Chari, fut constituée par d'importants groupes financiers et industriels en vue de concentrer tous les efforts appliqués sur ce bassin

1. On peut se référer à l'ouvrage récent de M. Georges Bruel : *L'Afrique Equatoriale Française*. Paris, Larose, 1930. — Voir aussi les articles sur *Les Richesses minières de l'A.E.F.*, parus dans *La Dépêche Coloniale et Maritime*, par M. René Tocanne (12 avril 1929), et par M. J. Lombard (27 mars, 6-7 avril, 10 avril 1930).

2. Voir notamment : *Le Temps Colonial*, 20 mai 1930,

1. Charles Pierre : *Les Mines du Mindouli* (*Revue Economique Française*, publiée par la Société de Géographie commerciale de Paris, mai 1928, p. 139-142).

cuprifère et de les intensifier à l'aide de ressources nouvelles. Les travaux portent sur une zone de 140 kilomètres allant de M'Boko Songa, dans le sud de la colonie, à Renéville. Le travail prévu a été de faire faire une reconnaissance du terrain par les géologues, et d'entreprendre des sondages et des travaux miniers de recherches. En même temps, une étude cartographique, destinée à compléter les documents existants et à permettre l'établissement d'une carte géologique, a été effectuée à l'aide de levers par avions.

Tout au nord de la colonie de l'A. E. F. se trouve une autre région qui offre un intérêt particulier et d'autres richesses minières abondantes, c'est celle de l'Oubangui-Chari. Cette zone constitue avec l'extrême-nord du Moyen-Congo un plateau ondulé dont l'altitude varie de 650 à 850 mètres. On y trouve deux natures de terrain : des roches anciennes cristallines, crystallophylliennes et métamorphiques, puis des sédiments non métamorphisés.

On sait que les richesses minières du Congo belge sont en voie de faire la fortune de ce pays. Il est actuellement le premier producteur du monde pour le radium, le second pour le diamant, le cinquième pour le cuivre et le douzième pour l'or. Il n'y a aucune raison pour que l'A. E. F. ne présente pas un jour une activité minière semblable. La position géographique des deux pays le révèle, parce qu'ils constituent une vaste région naturelle qui est presque une unité, étant donné qu'ils forment ensemble le bassin du grand fleuve qui les sépare. Il se trouve par là même qu'ils appartiennent aux mêmes formations géologiques.

Ici comme dans les autres parties de l'A. E. F., le cuivre est celui des métaux qui a été toujours été le mieux mis à profit pour une exploitation vraiment industrielle, et il l'a été dans la vallée du Niari. Des gisements cuprifères ont été signalés aussi dans l'extrême-nord du Moyen-Congo et dans la région des monts de Cristal, mais sans que leur valeur d'exploitation ait été encore établie.

Parmi les autres métaux de consommation courante dans l'industrie moderne, le fer et l'aluminium abondent en A. E. F. Le manganèse a été identifié en plusieurs points. Le plomb, le zinc, l'or et l'argent se trouvent en association avec le cuivre dans le Niari, puis dans l'Oubangui-Chari on a découvert un important gisement d'étain. L'or semble ouvrir un sérieux espoir d'avenir, et d'importants gisements aurifères ont été reconnus à l'état alluvionnaire.

Dans le Haut-Oubangui, on a constaté la présence du platine et d'autres minerais rares, tels que le titane, le cérium, le lanthane et le thorium. Une découverte d'un diamant d'un demi-carat dans l'Oubangui ouvre l'espoir qu'il pourra en être trouvé d'autres par la suite. On a eu raison de créer en Oubangui-Chari, comme en d'autres points, un Service des Mines qui a procédé à d'importants travaux topographiques et établi une carte géologique.

Les richesses minières de l'A. E. F. sont, on le voit, nombreuses et variées, mais beaucoup d'études sont encore à faire pour les mettre plus entièrement à profit. Une mission s'y rapportant a été confiée en 1926 à M. P. Darnault pour l'étude des forces hydrauliques et du régime des cours d'eau de la colonie[1]. Cette mission dont faisait partie aussi un autre ingénieur, M. Schumer, des topographes et des ouvriers d'art, s'est embarquée le 22 avril 1927, et a travaillé pendant deux ans. M. l'ingénieur Barberot a fait ensuite un voyage de reconnaissance au Gabon. Toutes ses études se sont rattachées à la mise à profit des riches gisements de cuivre et à leur transport.

Gustave REGELSPERGER.

## § 3. — Agriculture.

### Climatologie.

La prévision du temps à longue échéance n'est actuellement qu'une utopie, les agriculteurs, sauf découverte tout à fait imprévue, n'ont rien à attendre de ce chef. Au contraire, la climatologie peut leur apporter une aide précieuse[2], en faisant connaître les procédés de culture qui conviennent le mieux à une région déterminée et les rendements futurs d'une récolte en période d'évolution.

C'est ainsi que pour l'Est, on sélectionnera des variétés de céréales résistant aux froids rigoureux; pour le Midi, on envisagera la sécheresse; dans les régions où les fortes chaleurs de juin et de juillet font craindre l'échaudage, on choisira des variétés hâtives; parfois on sèmera des variétés dont l'épiage se produira à l'époque *moyenne* où les précipitations donnent les hauteurs d'eau les plus favorables.

Le choix des races d'après le climat importe surtout dans les pays où les extrêmes de température sont très bas ou très élevés. Du point de vue animal, il est rare que les animaux sauvages meurent de soif dans le Sahara : ils sont *adaptés* à se suffire avec la rosée nocturne : du point de vue végétal, il y a analogie.

La climatologie apporte une aide précieuse aux cultivateurs dans leurs luttes contre les maladies cryptogamiques et les invasions d'insectes, en leur permettant de fixer les époques optima des traitements préventifs ou curatifs; en effet le développement des maladies est lié à deux conditions, les unes, favorables aux champignons, les autres prédisposant la plante aux maladies. Des températures élevées, la sécheresse, une forte insolation affaiblissent le végétal qui devient réceptif; mais ces conditions sont défavorables au développement des organes de propagation du champignon; un temps doux et humide, favorable au champignon, porte à un haut degré la force de résistance du végétal. L'épidémie se produit si ces conditions se succédant prédispo-

1. P. DARNAULT : *Les Cours d'eau de l'Afrique Equatoriale Française*. (*La Géographie*, mars-avril, 1930, pp. 121-137.)

2. J. JANSON : Les applications pratiques de la climatologie en agriculture. (*La Météorologie*, n° 49-51 ; 1930.)

sent la plante à être attaquée et favorisent ensuite la propagation du champignon. Il en est ainsi quand, au début des premières chaleurs, les plantes se flétrissent dans la journée, puis souffrent du brouillard au cours de la nuit suivante : l'épidémie éclate. Comme le mildiou de la pomme de terre se propage de l'ouest à l'est, on peut annoncer son apparition par des indications de postes judicieusement choisis, et effectuer en conséquence les traitements préventifs nécessaires.

Quant aux insectes, l'état de température et de la pluviosité du 20 mars à la fin d'avril, par exemple, donne des indications très utiles sur les probabilités de la pullulation d'anthonomes du pommier dans l'année en cours et permet de préciser quels seront les plus atteints parmi les arbres de 1re, 2e et 3e saison; les années où il y a le minimum de dégâts sont celles où le printemps est mauvais, où l'hiver est humide et doux.

Les régions à gelées printanières peuvent s'organiser pour la lutte contre ce phénomène, par l'emploi de nuages artificiels. Quant aux régions à grêle, elles attendent encore le palliatif à ce fléau, qui cause parfois des dégâts pouvant atteindre la somme de cent millions, pour une seule année, dans la France continentale.

La climatologie est un guide précieux pour l'utilisation des engrais. Puisque le manque d'eau dans la couche arable risque d'entraver la nitrification, l'apport copieux d'engrais complémentaires facilement assimilables est indiqué dans les régions sèches. Dans les contrées à précipitations abondantes, les engrais potassiques et phosphatés permettront de lutter contre les maladies cryptogamiques et la verse ; ces mêmes engrais activeront la végétation dans les régions où les froids de l'hiver et les gelées printanières risquent de causer des dégâts à des cultures peu avancées.

La connaissance des conditions climatologiques d'une contrée fixera, d'autre part, les dates d'épandage des engrais. L'application des engrais potassiques doit être d'autant plus hâtive que le climat est plus sec; celle des engrais azotés sur les prairies se fera au cours des journées sèches de février, quand la pluie est imminente; le chaulage et le marnage se feront dans les périodes sèches de l'automne; les traitements à l'acide sulfurique en février ou mars pour les céréales d'hiver, en avril ou mai pour celles de printemps, par temps calme et sec, sans pluies ni rosées; la sylvinite, pour la destruction des sauves et des ravenelles, s'emploiera, au contraire, au début de journées où les végétaux sont encore mouillés par la gelée blanche, la rosée ou la pluie, sous condition que le temps se remette au beau.

Pour l'agriculteur qui applique intelligemment ces méthodes, sauf cataclysmes ou calamités extraordinaires, il n'y a plus que des années très bonnes, bonnes ou assez bonnes, jamais de médiocres ou mauvaises.

La climatologie est indispensable lorsque l'on veut tenter dans une région, des cultures nouvelles. Des expériences suédoises récentes ont montré que les graines de pin sylvestre ne doivent pas être semées dans des localités où la température normale des mois de juin à septembre est inférieure de plus de 0°,5 à celle du lieu de provenance.

Actuellement, on désire augmenter en France l'aire de la betterave sucrière. Avant d'introduire cette plante dans certains départements, il y a lieu de savoir si la répartition des quantités moyennes de pluie tombées pendant les mois d'été permet l'acclimatation avantageuse de ce végétal. Le sucre provient en effet de l'eau du sol et de l'acide carbonique de l'air; or l'évaporation des feuilles de la betterave est très élevée, elle dépasse parfois 4 millions de litres d'eau par hectare, ce qui correspond à une chute moyenne de pluie de 350 à 400 mm. de mai à octobre : il faut donc s'assurer que le régime pluviométrique satisfait à ces besoins en eau. L'année 1930 a été exceptionnellement favorable à la betterave sucrière en France, parce que l'été a été exceptionnellement pluvieux, ce qui a nui par contre à la récolte en blé.

La possibilité de grandes variations dans le régime des pluies incitera l'agriculteur à varier ses cultures. Certaines données lui seront fort utiles par ailleurs : répartition moyenne mensuelle des pluies pour l'établissement de citernes ; régime des vents pour l'installation d'éoliennes; étude des extrêmes de température, de la durée des gelées, de leur classification par intensité pour l'installation de forceries, de chauffage central dans les serres.

A notre époque où chaque pays est contraint de vivre le plus possible sur lui-même, il importe d'obtenir des récoltes agricoles optima. L'exemple nous est donné par certaines régions de la France, par certains pays comme le Danemark, la Hollande, qui ne recule pas devant les travaux immenses d'assèchement, du quart du Zuyderzée, le calcul ayant fait que les 225.000 hectares, un dixième de la Hollande actuelle, rendus à l'agriculture si intensive de ces pays, feront beaucoup plus que payer les dépenses engagées pour les récupérer : calcul basé sur la climatologie.

B. M.

# LES COURANTS DE PENSÉE CANTORIENNE ET L'HYDRODYNAMIQUE
# OU
# LE PROBLÈME DE LA NAISSANCE DES CAVITATIONS DANS UN LIQUIDE

1. On sait que les idées de Cantor sur la théorie des ensembles ont pénétré d'une manière profonde dans le champ de la théorie des fonctions et l'ont considérablement enrichi. Ces idées ont également influencé la géométrie, surtout en ce qui concerne les problèmes consistant à définir en général une ligne, une surface, un domaine, etc... ou bien à évaluer les longueurs, les aires, les volumes. Mais on peut prévoir, je l'ai montré ici-même dans trois récents articles[1], que cette influence des courants de pensée cantorienne sur la géométrie ne s'en tiendra pas là, car on aperçoit déjà, dans cette voie, la possibilité de se passer des représentations analytiques et des dérivées qu'elles mettent en jeu, autrement dit de constituer une GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE DIRECTE.

Le jour n'est sans doute pas éloigné où des chapitres importants de la Physique participeront à cette évolution. Je me propose de montrer ici avec quelle acuité le point de vue cantorien s'introduit dans un problème important de l'Hydrodynamique, celui de la naissance des cavitations.

A vrai dire, je ne ferai que confirmer de la sorte la solution d'un problème philosophique déjà élucidé : dans un récent ouvrage[2], j'ai en effet montré qu'il n'était pas oiseux d'étudier le mouvement d'un liquide dans un vase dont la paroi est partout dépourvue de plan tangent. Les conséquences auxquelles j'ai été conduit dans cette voie montrent bien l'opportunité de mettre en contact la Mécanique des Fluides avec les notions d'origine cantorienne auxquelles je viens de faire allusion.

2. Le problème des cavitations, dans les conditions déterminées par les lois de l'Hydrodynamique théorique, a été assez peu étudié. La plupart des recherches entreprises à ce sujet se préoccupent de l'évolution de la surface qui délimite la cavitation, une fois celle-ci formée, plutôt même que des circonstances qui président à l'apparition du phénomène[3]. Or ce côté de la question est assurément l'un des plus intéressants possibles. Pour savoir de quelle manière se forment les *trous d'air*, si justement redoutés des aviateurs, il est permis de se demander d'abord comment peuvent se produire des lacunes au sein d'une masse liquide.

Il est remarquable que la question ainsi posée joint à son intérêt d'utilité primordiale le plus haut intérêt philosophique. Elle fournit en effet aux notions familières de la théorie des ensembles l'occasion de s'introduire en Hydrodynamique pour y jouer un rôle des plus actifs. Les difficultés que l'on rencontre pour traiter le problème dans toute sa généralité sont particulièrement instructives et témoignent des progrès qui restent à réaliser pour mettre en harmonie les parties les plus classiques de la Mécanique des Fluides avec les tendances récentes.

A lire beaucoup d'ouvrages modernes sur les Mathématiques, on pourrait se croire fondé à protester contre l'abus d'un certain formalisme. Pour qui veut se cantonner dans la Physique théorique, est-il donc nécessaire d'apprendre la définition d'un ensemble ouvert, d'un domaine, d'une frontière, d'un ensemble fermé..., etc. ? Tout cela est très méticuleux et ne peut se faire sans couper quelques cheveux en quatre. Au fond, ces notions n'ont pas été introduites d'une manière purement arbitraire : loin de là, je dirai que l'Hydrodynamique (ou plus généralement, la Physique du champ continu) a contribué à nous imposer beaucoup d'entre elles. Suivons par exemple la déformation dans son mouvement d'une masse liquide à l'état de continuité hydrodynamique[1], et raisonnons, pour fixer les idées, en l'absence de tourbillons. Il va donc régner un potentiel des vitesses, et celui-ci sera harmonique, mais seulement dans la masse; aux confins du liquide nous ne pouvons pas répondre de sa continuité, encore moins de celle de son gradient (qui représente la vitesse). Autrement dit, les propriétés les plus essentielles des fonctions destinées à intervenir dans nos raisonnements seront vérifiées aux points intérieurs, mais non sur la périphérie. D'où l'idée de nous représenter le liquide (identifié inconsciemment par l'analyste avec le support de validité des propriétés susdites) comme un *ensemble ouvert*, c'est-à-dire comme un

1. G. BOULIGAND : Sur quelques points de Méthodologie géométrique. (*Revue générale des Sciences*, 31 janvier, 30 juin et 15 novembre 1930.)

2. G. BOULIGAND : Sur divers problèmes de la Dynamique des Liquides. (Collection de l'Institut de Mécanique des Fluides de l'Université de Paris, Gauthier-Villars, 1930.)

3. On aura une idée d'ensemble satisfaisante de ces travaux par la *thèse* de M. DEMTCHENKO, Paris, 1928.

1. C'est-à-dire dans un état tel que la divergence du champ des vitesses soit constamment nulle.

ensemble formé exclusivement de points intérieurs. Il est entendu implicitement par là que l'appartenance d'un point à un tel ensemble entraîne celle d'une sphère suffisamment petite centrée sur ce point. Il est de plus spécifié que cette assimilation concerne exclusivement le liquide à l'état de continuité hydrodynamique.

Si l'ensemble ouvert est *d'un seul tenant*, c'est-à-dire s'il existe entre deux de ses points une chaîne finie de sphères dont les deux extrêmes soient centrées en ces points et dont chacune coupe la précédente, aucune ne présentant de point étranger à l'ensemble, on utilise alors un terme plus particulier et on donne à l'ensemble le nom de *domaine*.

Tout le monde sait d'ailleurs ce qu'il faut entendre par *point d'accumulation* d'un ensemble : cette désignation convient à un point si toute sphère centrée en ce point contient, si petit soit son rayon, une infinité de points de l'ensemble. On montre aisément que *le complémentaire d'un ensemble ouvert est un ensemble contenant tous ses points d'accumulation :* propriété remarquable pour un ensemble, car non vérifiée en général. En prenant par exemple l'ensemble des points $(x, y, z)$ tels que

$$x^2 + y^2 + z^2 > 1$$

nous voyons de suite qu'il est ouvert : les points de la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ sont des points d'accumulation de cet ensemble, mais ils n'en font pas partie. Et cela nous apprend qu'un ensemble ouvert admet des points d'accumulation qui en sont exclus. Ces points constituent, par définition, la *frontière* de l'ensemble. Par opposition, on dit qu'un ensemble est *fermé* lorsqu'il contient tous ses points d'accumulation. La frontière, que nous venons de définir pour un ensemble ouvert, est toujours, comme il est facile à établir, un ensemble fermé.

3. Il semble que cela soit bien étranger à la naissance des cavitations. Et cependant, ce problème peut se formuler de la manière suivante : considérons un fluide incompressible, occupant, au temps $t_0$, un domaine $\Omega_0$, où règne alors un champ donné de vitesses, dont la divergence est nulle, à seule fin de ne pas heurter initialement les conditions qui doivent être satisfaites si l'on désire voir persister la continuité de la masse liquide. Le champ initial des vitesses étant ainsi choisi, peut-il exister un ensemble de points de $\Omega_0$ sur lequel va se produire une rupture de continuité de la masse liquide ? Dans l'affirmative, cet ensemble sera en quelque sorte le siège de la cavitation naissante. Nous l'appellerons *ensemble de scission* et le désigner par $\sigma$ : d'une manière plus précise, $\sigma$ représentera l'ensemble des points où l'équation div. $V = o$ cesse d'être vraie ultérieurement à l'instant $t_0$.

A la manière même de libeller l'énoncé, nous voyons que le problème qui va nous occuper est d'une nature assez peu commune : *c'est un ensemble de points qui en est l'inconnue ;* et la question en face de laquelle nous nous trouvons est donc bien, foncièrement, une question de théorie des ensembles.

4. Puisque le champ des vitesses nous est donné à l'instant initial $t_0$, nous allons pouvoir en déduire la pression $p(t_0)$ qui se trouve déterminée à cet instant très précis par les équations classiques de l'Hydrodynamique. En fait, il faut bien l'observer, $p(t_0)$ constitue un être analytique, résultat du traitement de certaines équations, et ce qui se présenterait sous les espèces d'une réalité physique dans un monde idéal où les équations de l'hydrodynamique seraient exactement vérifiées, ce serait la pression $p(t_0 + 0)$ régnant à l'instant immédiatement ultérieur. A un tel instant, les discontinuités qui nous intéressent sont déjà nées, la pression s'est annulée, ou sinon a été modifiée suivant des lois qui restent à déterminer en chaque point de l'ensemble de scission. C'est grâce à cette circonstance que la pression $p(t_0 + 0)$ va différer de $p(t_0)$. Et cela nous trace la route à suivre. Mais avant de nous y engager, il convient encore d'expliciter quelques hypothèses et d'attirer l'attention sur quelques points importants.

5. Jusqu'à présent, nous avons laissé dans l'ombre les conditions qu'on suppose réalisées sur la frontière $\Sigma_0$ du domaine $\Omega_0$ occupé par le liquide. On sait que ces conditions peuvent être de différentes natures. Il se peut que certaines portions de $\Sigma_0$ jouent le rôle de surfaces libres, le long desquelles nous supposerons toujours que le liquide confine au vide ; mais il peut arriver aussi que d'autres portions de $\Sigma_0$ soient des parois baignées par le liquide, et qu'on suppose animées d'un mouvement connu.

Conserver des conditions aussi générales serait extrêmement incommode pour une première recherche sur un problème aussi difficile. C'est pourquoi, le plus souvent, nous limiterons-nous au cas où la frontière $\Sigma_0$ se présente tout entière en surface libre. C'est en somme le cas du liquide sans liaison extérieure, c'est-à-dire encore, abandonné en chute libre dans le vide. En montrant comment les choses se présentent dans ce cas, nous pourrons ensuite nous acheminer plus facilement vers des problèmes où les conditions aux limites se présentent avec une complexité plus grande.

6. Rappelons maintenant comment va s'effectuer le calcul de $p(t_0)$, qui est solidaire de la détermination des accélérations. On peut substituer à la recherche de ces dernières celle de la dérivée géométrique de la vitesse soit $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$. On utilise à cette fin (en même temps que les variables d'Euler) le système suivant

$$\begin{cases} \frac{\delta \vec{V}}{\delta t} + \text{rot}\, \vec{V} \wedge \vec{V} + \text{grad}\left(\frac{\vec{V}^2}{2} + p + z\right) - \mu\, \Delta \vec{V} = 0 & (1) \\ \text{div}\, \vec{V} = 0 & (2) \end{cases}$$

écrit pour un choix d'unités fondamentales qui unitarise l'accélération de la pesanteur et la densité du liquide. On tire de (1), en annulant la divergence de son premier membre et tenant compte de (2)

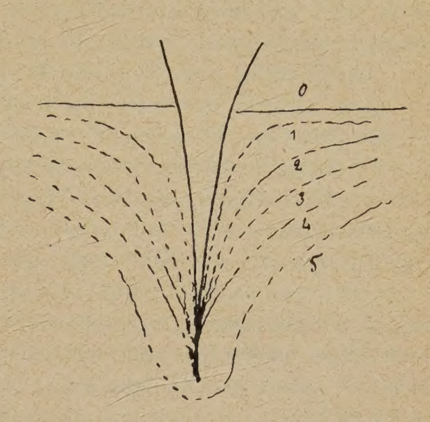
$$\Delta p = \vec{V} . \Delta \vec{V} + \overrightarrow{\text{rot}\, V}^2 - \frac{1}{2} \Delta \left( \vec{V}^2 \right) \qquad (3)$$

ce qui montre que le laplacien de la pression $p(t_0)$ peut se calculer en fonction du champ des vitesses, et d'ailleurs indépendamment du coefficient $\mu$ caractérisant le degré de viscosité du liquide.

7. D'après cela, la pression se présentera comme la solution d'une équation de la forme $\Delta p = f$, le second membre étant une fonction connue. Cette solution sera *attachée à la valeur zéro* sur la frontière $\Sigma_0$ de $\Omega_0$. La locution en italique appelle des explications qu'il importe maintenant de donner avec quelques détails.

Dès le n° 2, j'ai attiré l'attention sur ce fait que certaines fonctions mises en jeu dans l'étude du mouvement d'un liquide, fonctions douées des caractères usuels de continuité dans la masse du fluide, c'est-à-dire en ses points intérieurs, sont susceptibles d'offrir des discontinuités sur la frontière. Et la pression rentre justement dans cette catégorie. J'ai signalé que cette circonstance se présente effectivement dans les conditions suivantes : considérons une épine de révolution suffisamment effilée, d'axe vertical, laquelle plonge primitivement dans un liquide parfait au repos. Etudions le mouvement produit par l'ablation brusque de l'épine, réalisée sous forme d'une translation verticale. Au point cuspidal de la surface libre initiale, avec lequel coïncidait l'extrémité de la pointe, vont se souder une infinité de surfaces isobares, comme l'indique la figure, si bien qu'en ce point, la pression initiale va offrir une singularité d'indétermination, laquelle implique une discontinuité. (Voir le n° 17 de mon ouvrage cité.)

En réalité la pression se calcule ici comme solution de $\Delta p = f$ astreinte, semblerait-il, à s'annuler sur toute la surface libre : mais en fait, cette condition n'est pas effectivement réalisée à l'extrémité de la pointe pour peu qu'elle soit suffi-




samment effilée. C'est pourquoi nous nous contentons de dire que la solution $p$ considérée est *attachée* à la valeur zéro sur la surface libre.

8. L'Hydrodynamique, pour le traitement rigoureux de questions essentielles (et la théorie des cavitations est de ce nombre) se trouve donc obligée de mettre en ligne, à côté des notions topologiques rappelées au début de cet article, les résultats les plus récents concernant le problème de Dirichlet harmonique et les problèmes de la Physique Mathématique dont il est le prototype. Et le fait de rencontrer sur notre route, lors du calcul de la pression, l'équation

$$\Delta p = f$$

nous oblige à nous y arrêter un peu.

Autrefois, lorsqu'on posait le problème de Dirichlet pour un domaine, avec une répartition continue de valeurs données sur la frontière, en partant d'une équation de la forme précédente, il était sous-entendu que la frontière de ce domaine satisfaisait à quelques hypothèses simples, par exemple, être constituée par un nombre fini de surfaces fermées douées chacune d'un champ continu de normales. Dans des conditions même plus larges (existence en chaque point de la frontière d'un cône droit à base circulaire n'ayant aucun point dans $\Omega$), on peut prouver qu'il existe bien une solution, continue dans $\Omega + \Sigma$. C'est ce qu'on peut résumer en disant : il y a une classe étendue de *bons domaines*, auxquels s'applique le principe de Dirichlet au sens classique. Pour ces domaines, la solution de $\Delta p = f$ prenant les valeurs périphériques données se déduit ; d'après un processus connu, de la fonction de Green $G(M, P)$, qui pour $P$ fixe dans $\Omega$, est une fonction de $M$, harmonique dans $\Omega - P$, continue dans $\Sigma + \Omega - P$, infinie en $P$ comme l'inverse de la dis-

tance MP, et nulle sur $\Sigma$. On peut étendre la définition de la fonction de Green à tous les domaines, car tout domaine est la limite de bons domaines (au sens précédent) qui vont en se dilatant et dont les fonctions de Green vont en augmentant[1], pour chaque couple P, M de positions du pôle P et du point variable M. L'extension est alors immédiate, de par le théorème de Harnack. La fonction de Green de $\Sigma$ sera la limite des fonctions de Green des bons domaines, qui est bien harmonique, mais qui ne s'annule plus nécessairement en chaque point de la frontière. Les points où elle tend vers une limite unique égale à zéro sont les points *réguliers*, ceux où elle offre une singularité d'indétermination avec une limite inférieure nulle sont les *points irréguliers*[2] : aux autres points de $\Sigma$, la fonction de Green n'a aucune valeur limite nulle ; ces points constituent ce que j'ai appelé les *ensembles impropres* de la frontière, parce qu'on peut y modifier les valeurs périphériques d'une manière arbitraire, en respectant seulement la continuité, sans altérer la solution du problème de Dirichlet. Il s'ensuit qu'on devra commencer par débarrasser la frontière $\Sigma$ des ensembles impropres, et ce qui reste de $\Sigma$ après cette ablation s'appellera la *frontière réduite*.

Cela posé, soit F une fonction continue dans $\Omega + \Sigma$ douée d'un laplacien continu dans $\Omega + \Sigma$ (exemple : un polynôme). Ce qu'on appellera en pareil cas *solution du problème de Dirichlet généralisé* sera la fonction

$$F(P) + \frac{1}{4\pi}\int\int\int_{\Omega} \Delta F(M) G(M,P) d\omega_M.$$

Sur la frontière réduite, cette solution est continue aux points réguliers, et peut présenter des discontinuités aux points irréguliers. Mais il y a un mode de raréfaction de ces points exceptionnels laissant subsister un certain genre de continuité sur la frontière, qu'on pourrait appeler : *continuité à la Dirichlet*.

9. Nous pouvons maintenant revenir au problème fondamental : naissance des cavitations dans une masse liquide en chute libre. Désignons par $\sigma$ l'ensemble de scission. L'ensemble $\Omega - \sigma$ est formé des points où le champ $\vec{V}$ continue, après l'apparition des discontinuités, à régner avec une divergence nulle.

Il importe de noter que l'ensemble $\sigma$, non seulement peut présenter des points intérieurs, mais encore, qu'il peut recouvrir à l'occasion la totalité du domaine $\Omega$. En effet, on conçoit aisément pour un liquide abandonné en chute libre, dans le vide, à partir d'un champ convenable de vitesses, la possibilité de la *dissémination totale*, consistant dans le fait que les éléments fluides se relâchent immédiatement pour décrire, sans se gêner mutuellement, leurs trajectoires paraboliques. C'est ce qu'on pourrait appeler le *jet d'eau* dans le vide, si cela n'offrait l'inconvénient d'évoquer un phénomène réel dans lequel la résistance de l'air et la tension superficielle du liquide ont une importance si grandes.

Cherchons les conditions pour que $\sigma$ présente ainsi des points intérieurs, pour lesquels soit réalisé l'état de fait qui vient d'être décrit. Alors, la dynamique élémentaire va nous donner, en fonction du champ initial $\vec{V}_0(M)$ des vitesses, la transformation ponctuelle opérant à partir de la configuration initiale. En prenant un système de référence en chute libre, on annule d'ailleurs l'accélération de la pesanteur, et on ramène le problème au suivant :

*A quelle condition faut-il soumettre, dans le domaine* $\Omega_0$, *le champ vectoriel* $\vec{V}_0(M)$ *pour que la transformation* $\tau_\lambda$, *qui du point* M, *fait passer au point*

$$M_\lambda = M + \lambda \vec{V}_0(M)$$

*soit biunivoque et augmente les volumes lorsque* $\lambda$ *est positif et suffisamment petit ?*

Soient $u_0$, $v_0$, $w_0$ les composants de $\vec{V}_0$. Une condition nécessaire sera que le déterminant

$$\begin{vmatrix} 1 + \lambda \frac{\delta u_0}{\delta x} & \lambda \frac{\delta u_0}{\delta y} & \lambda \frac{\delta u_0}{\delta z} \\ \lambda \frac{\delta v_0}{\delta x} & 1 + \lambda \frac{\delta v}{\delta y} & \lambda \frac{\delta v_0}{\delta z} \\ \lambda \frac{\delta w_0}{\delta x} & \lambda \frac{\delta w_0}{\delta y} & 1 + \lambda \frac{\delta w_0}{\delta z} \end{vmatrix}$$

qui se réduit à 1, pour $\lambda = \rho$, soit fonction croissante de $\lambda$ pour cette valeur. Le coefficient de $\lambda$, à savoir div. $\vec{V}_0$, est nul. Donc le coefficient de $\lambda^2$ devra être positif, d'où la condition

$$\frac{D(v_0,w_0)}{D(y,z)} + \frac{D(w^0,u_0)}{D(z,x)} + \frac{D(u_0,v_0)}{D(x,y)} > 0 \qquad (4)$$

1. Car la fonction de Green exprime la température en un point M du domaine empli d'une substance conductrice, lorsqu'on maintient périphériquement la température zéro et qu'on dispose en P, qui, dans la totalité de l'espace emplie de la même substance, produirait la température $\frac{1}{MP}$.

2. On peut montrer que la distinction entre points réguliers et irréguliers est indépendante du pôle P. Je renvoie pour toutes ces questions à mon Mémoire des *Annales de la Société Polonaise de Mathémathiques* (1925), et aux importants compléments que M. Vasilesco y a apportés dans son Mémoire du *Journal de Villat* (1er fasc. de 1930).

e second membre est :

$$\Delta\left(\frac{\overrightarrow{V_0}^2}{2}\right) - \overrightarrow{V_0} \cdot \Delta\overrightarrow{V_0}$$

qui se transforme aisément en

$$\overline{\mathrm{rot}\ \overrightarrow{V_0}}^2 > \Delta\left(\frac{\overrightarrow{V_0}^2}{2}\right) - \overrightarrow{V_0} \cdot \Delta\overrightarrow{V_0} \qquad (5)$$

D'après (3), cela pourra s'écrire encore sous la forme

$$\Delta p > 0.$$

Ainsi, *il ne peut y avoir dissémination totale, sur un certain ensemble de points intérieurs, que si le laplacien de la pression, déduit au moyen de l'équation* (3) *du champ initial des vitesses, est positif*[1].

Mais nous n'avons là *qu'une condition nécessaire*, qu'il convient de compléter par d'autres hypothèses, si l'on veut être sûr que la dissémination totale se produit effectivement.

10. Supposons que le champ initial $\overrightarrow{V_0}$ puisse être prolongé dans un domaine contenant $\Omega_0 + \Sigma_0$, et cela de manière que dans tout ce domaine, la condition (5) soit réalisée (ce qui implique pour tous les termes y figurant le fait d'avoir un sens). Dans ce cas, paraît assurée l'existence d'un intervalle de temps $(t_0, t_0 + \tau)$ pendant lequel il y a effectivement libre parcours parabolique (relativement à l'écorce terrestre) des particules fluides. Ici, la dissémination totale s'étend à la masse liquide dans son intégralité.

Mais, si l'on néglige la précaution que nous venons d'indiquer, rien ne permet d'affirmer qu'il va y avoir dissémination totale dans la masse du liquide ou même, dans une partie de cette masse : en effet, admettons, pour un instant, que cette dissémination ait lieu pour un certain ensemble de points intérieurs ; sur la frontière du domaine liquide, des soudures d'éléments fluides peuvent immédiatement se produire, les agrégats ainsi formés gêneront le mouvement parabolique de particules voisines, et des liaisons peuvent se trouver ainsi restituées de proche en proche, leur transmission instantanée étant d'ailleurs parfaitement susceptible (jusqu'à preuve du contraire) de rendre le mouvement parabolique impossible en tout point intérieur. On se trouve ici en face d'un problème d'un type entièrement nouveau, sur lequel on ne voit pas bien comment l'analyse mathématique, dans son état actuel, pourrait avoir prise.

1. Dans le cas du liquide en chute libre, s'il y a dissémination totale, il résulte immédiatement de l'énoncé ci-dessus que la pression est partout négative. Mais la réciproque n'a pas nécessairement lieu.

11. Après nous être occupés des zones possibles de dissémination totale, nous devrons rechercher celles où va subsister la continuité hydrodynamique. Il importe ici de montrer, au moyen de remarques simples, la distance qu'il resterait à parcourir, à supposer que ces deux points aient été totalement élucidés, pour obtenir une solution complète du problème.

On a souvent exploité les analogies fournies par la comparaison d'un liquide à un système de billes susceptibles de se mouvoir au contact les unes des autres. Les liaisons existant entre ces billes possèdent le caractère unilatéral, en ce sens que les billes sont soumises à la condition de ne pouvoir s'interpénétrer, mais en revanche, peuvent se séparer les unes des autres. Or c'est exactement une condition du même genre qui détermine les liaisons mutuelles entre les divers éléments fluides composant un liquide. Soit un système de billes, placé dans une configuration initiale où certains contacts sont réalisés, avec un champ de vitesses initiales compatible avec la persistance de ces contacts[1]. En vertu des conditions dynamiques du problème, il peut arriver ou bien que tous ces contacts persistent (ce qui est l'analogue du maintien de la continuité hydrodynamique) ou que tous ces contacts cessent (c'est l'analogue de la dissémination totale) ou enfin que certains contacts seulement disparaissent, d'autres subsistant. Et *a priori*, il y a tout lieu de penser, jusqu'à preuve du contraire, que ces cas intermédiaires auront aussi leurs analogues en hydrodynamique. Nous verrons bien qu'il en est bien ainsi.

Il est essentiel de noter que l'étude dynamique de ces cas intermédiaires ne peut se faire sans l'intervention d'une hypothèse nouvelle régissant la répartition des efforts dans les agrégats de particules qui sont exclues des zones hydrodynamiques (soumises aux hypothèses nouvelles sur la pression) aussi bien que des zones de dissémination totale (dans toute l'étendue desquelles la pression est nulle).

12. A ce point, on aperçoit clairement l'immense complexité du problème, qui dans le domaine de la Mécanique classique de milieux continus, paraît dépasser tout ce qu'on a pu imaginer jusqu'ici de plus hardi. Reprenons notre problème de mouvement commençant, à partir de la configuration initiale donnée et du champ $\overrightarrow{V_0}(M)$ des vitesses initiales. L'état initial de la masse fluide est l'état de continuité hydrodynamique.

1. Pour ce genre de problèmes, voir la note sur les liaisons unilatérales à la fin de mes Compléments et Exercices sur la Mécanique des solides.

Le résultat du mouvement, pendant un intervalle de temps infiniment court, sera de nous faire passer partout de cet état à d'autres qui en seront il est vrai, infiniment voisins, mais dont la structure pourra différer profondément, suivant les degrés d'une gamme de contrainte, si je puis dire, dont la description cinématique est déjà particulièrement difficile : on sait seulement que cette gamme peut monter, depuis la dissémination totale jusqu'à la continuité hydrodynamique, et qu'un degré doit en être regardé comme plus élevé qu'un autre s'il correspond à plus de liaisons effectivement réalisées! Cela est difficile à élucider. Et, à supposer qu'on puisse écarter à ce sujet tout malentendu, qu'on puisse apprendre à discriminer par des caractères précis tous les états intermédiaires dont nous avons parlé, encore faudrait-il dire comment ces états intermédiaires, concurremment aux deux états extrêmes, se répartissent dans l'étendue initiale du fluide. Il paraît bien audacieux d'espérer qu'on parvienne un jour, généralisant un résultat connu pour les systèmes de billes, à prouver l'unicité d'une répartition du genre précédent!

13. Des remarques ainsi présentées, il résulte qu'un raisonnement fait pour prouver, dans des conditions particulières, l'impossibilité de cavitations, se trouvera en réalité fondé sur une hypothèse relative à l'absence de zones intermédiaires (ou de dissémination partielle). Une démonstration de ce genre n'a donc qu'une valeur provisoire. Pourtant, je ne crois pas inutile de l'ébaucher pour montrer l'orientation à suivre en pareille matière, dans de nouvelles recherches.

Nous allons nous placer dans un cas où l'hypothèse de dissémination totale sera partout exclue. Il en est bien ainsi lorsqu'on a partout

$$\Delta p_0 < 0.$$

Nous écartons de plus (c'est un nouveau postulat, celui dont il est difficile de préciser les conditions de réalisation) l'éventualité de production de zones intermédiaires. Dès lors, les cavitations qui pourront se produire seront bien des *trous*, conformément à l'image que le mot cavitation éveille habituellement dans l'esprit, image qui s'oppose à l'idée de zone de dissémination partielle (dans laquelle la continuité de répartition matérielle peut subsister, malgré un certain relâchement du fluide).

Grâce à nos hypothèses particulières, la cinématique cavitationnelle va se trouver simplifiée. Désignons par $\Omega_t$ l'ensemble qui est occupé par le liquide à l'instant $t$. Puisqu'en l'absence de zones de dissémination (totale ou partielle) le liquide, dans toute sa masse, demeure, à l'état de continuité hydrodynamique, dans chacune de ses parties connexes, l'ensemble $\Omega_t$ est un ensemble ouvert. L'ensemble

$$K_t = \Omega_0 - \Omega_t$$

des points intérieurs à $\Omega_0$ et étranger à $\Omega'_t$ nous donnera pour $t - t_0$ très petit, la représentation de ce que nous pourrions appeler le système cavitationnel. Cet ensemble $K_t$ admet pour *ensemble limite*[1] l'ensemble $\sigma$. Par définition même de $K_t$, la masse de liquide qu'il supporte est nulle. Donc l'ensemble $\sigma$ est un ensemble de mesure tridimensionnelle nulle[2] ce qui implique que $\sigma$ est dénué de points intérieurs (comme l'exclusion des zones de dissémination le faisait ici prévoir). Un autre point très important est que, dans les conditions actuelles, $p(t_0 + 0)$ sera attachée à la valeur zéro sur $\sigma$. Cela posé, nous aurons à envisager successivement diverses éventualités.

14. Examinons d'abord le cas où l'ensemble $\sigma$ serait un *ensemble impropre*, cas dans lequel on aurait, d'après les explications données au n° 8

$$p(t_0 + 0) = p(t_0).$$

Si nous supposons comme une *solution formelle* des équations de l'hydrodynamique qui correspondrait à la configuration et aux vitesses initiales, et qui serait formée par l'association de deux champs $(\vec{V}, p)$ holomorphes en $t$, autour de $t_0$, pendant une certaine durée bien définie pour chaque particule, il est facile de s'assurer que cette solution correspond au mouvement qui se produira réellement et qu'on ne pourra voir naître aucune cavitation : car au moyen de nos équations initiales (celle qui donne notamment $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$), on s'assure, en dérivant, que toutes les dérivées successives de $\vec{V}$ coïncideront, qu'il s'agisse de la solution formelle précédente ou d'une solution réelle obtenue en admettant la formation possible d'une cavitation sur l'ensemble impropre $\sigma$. L'hypothèse de l'holomorphie en $t$ de la solution formelle déclanche donc la coïncidence annoncée. Par suite, il ne pourrait en tous cas se substituer de solutions accompagnées de cavitations qu'à des solutions formelles non holomorphes en $t$ autour de $t_0$.

Ce résultat partiel est le seul que j'aie pu obtenir pour le cas particulier cité : et ce cas est important; il englobe par exemple le fait de

1. Au sens de Janiszewski. (*Thèse*, Paris, 1911. Sur les continus irréductibles entre deux points.)

2. Sur un ensemble de scission sans point intérieur et de mesure tridimensionnelle non nulle, on ne serait pas à l'éta de continuité hydrodynamique; nous supposons ci-dessous que, malgré les scissions produites, cet état continue à régner dans toute la masse fluide.

savoir si des cavitations peuvent se former soit à partir de points isolés, soit à partir de lignes (dont la longueur est supposée bornée).

15. Passons maintenant au cas où l'ensemble $\sigma$ serait une frontière réduite de $\Omega_0 - \sigma$. Nous aurions donc

$$p(t_0 + 0) \neq p(t_0)$$

et d'ailleurs, $\Delta p_0$ étant négatif dans $\Omega_0$, $p(t_0 + 0)$ et $p(t_0)$ seront positives à l'intérieur du liquide. Remplaçons dans (1) la pression par $p(t_0 + 0)$ : nous aurons, pour $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$, une valeur différente de celle qui correspondrait à notre solution formelle, et cette valeur serait bien définie seulement dans $\Omega_0 - \sigma$, car il se peut que le gradient de la pression, ici introduit, n'ait pas de sens sur $\sigma$.

Etudions maintenant, pour $t - t_0$ infiniment petit, les propriétés du volume cavitationnel $K_t$. Puisque la divergence du champ initial des vitesses est nulle, l'ordre de cet infiniment petit dépasse le premier. D'ailleurs, d'un instant $t$ à l'instant $t + dt$, l'accroissement du volume $K_t^{\bullet}$ équivaut au produit de $dt$ par le flux sortant du champ $\vec{V}$ à travers la frontière de $K_t$ ou ce qui est équivalent, par le flux rentrant de $\vec{V}$ dans $\Omega_t$ à travers sa frontière. Raisonnons maintenant sur l'intervalle de temps $(0, \varepsilon)$. Le volume $K_t$ équivaudra au demi-produit de $\varepsilon^2$ par le flux total rentrant, à travers $\sigma$, dans $\Omega_0 - \sigma$ de $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$ pour $t = t_0$. Or ce flux se compose, en vertu de (1) :

1° du flux rentrant, à travers $\sigma$, dans $\Omega_0 - \sigma$, de $(-\text{grad. } p)$, lequel est négatif en raison de la disposition évidente des surfaces isobares ;

2° du flux sortant de l'ensemble $\sigma$ du vecteur

$$-\left[\text{rot } \vec{V} \wedge \vec{V} + \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{\bar{V}^2}{2} + z\right) - \mu \Delta \vec{V}\right]$$

lequel équivaut à l'intégrale, prise sur $\sigma$ de la divergence de ce vecteur, c'est-à-dire

$$\vec{V} . \Delta \vec{V} + \overline{\text{rot } V}^2 - \frac{1}{2} \Delta (\bar{V}^2)$$

intégrale qui est nulle, puisque l'ensemble $\sigma$ est de mesure tridimensionnelle nulle. Il en résulte que le flux total de $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}$ rentrant dans $\Omega_0 - \sigma$ à travers $\sigma$ serait négatif, ainsi que la dérivée seconde du volume $K_t$ : il y aurait donc contraction locale sur l'ensemble $\sigma$, c'est-à-dire interpénétration des éléments fluides sur s, ce qui est manifestement impossible.

16. Nous venons de donner le principe commun à tous les raisonnements qui se proposeront d'établir, dans certaines conditions, l'impossibilité de cavitations. Dans des raisonnements de ce genre, on aperçoit le rôle indispensable de l'hypothèse $\Delta p < 0$, laquelle exprime encore que le flux rentrant de $\overrightarrow{\text{grad}}\ p$ dans tout volume est positif. Observons la possibilité de soumettre à la méthode précédente des problèmes où interviennent des parois. On peut en effet démontrer[1] le théorème suivant :

*Soit par un bassin limité par une surface convexe* (pouvant contenir des facettes planes) *coupée par chaque verticale en un seul point; soit d'autre part une solution formelle des équations indéfinies du mouvement irrotationnel, vérifiant les conditions aux limites, et définissant une loi de variation de la surface libre telle que le domaine offert au fluide n'ait jamais de parties venant empiéter les unes sur les autres. Une telle solution donne, pour la pression, des valeurs positives*[2].

Cela posé, si l'on admet encore l'absence de zones intermédiaires, nous pourrons reproduire sans modification (grâce au fait que le laplacien de la pression est négatif pour tout mouvement irrotationnel) le raisonnement ci dessus, et la même disposition des surfaces isobares nous fera conclure à la production, sur un soi-disant ensemble de scission, d'une contraction locale, et par suite à l'impossibilité de cavitations.

17. Mais tout cela est conditionné par le postulat d'absence des zones intermédiaires, qui peut se trouver en défaut.

Par exemple, considérons un tube en forme de cylindre circulaire droit d'axe vertical, de hauteur $h$ et de rayon R, empli d'un liquide parfait, animé initialement d'un mouvement de rotation d'ensemble autour de l'axe du cylindre. Etudions la chute du liquide, en l'absence de toute autre paroi que la surface latérale du cylindre. On montre aisément que l'hypothèse d'un mouvement commençant respectant la continuité hydrodynamique est inacceptable, aussi bien que celle d'un mouvement dans lequel serait partout réalisée la dissémination totale. Cette seconde impossibilité se reconnaît d'une manière immédiate en considérant les particules voisines de la paroi du cylindre. Quant à la première, on la met en évidence en calculant la pression fictive qui correspondrait au champ initial des vitesses, en admet-

---

1. Bouligand : Un théorème sur le signe de la pression. *Journal de Villat* (t. VI, 1927, p. 427-433).

(2) Le raisonnement fait pour établir ce résultat est aussi valable pour étendre (ce qui est essentiel) la même conclusion à $p(t_0 + 0)$.

tant la persistance de la continuité hydrodynamique. Nous aurions initialement, en vertu des équations (1) et (3)

$$u_0 = -\omega y, \qquad v_0 = \omega x, \qquad w_0 = 0,$$

$$\Delta p = 4\omega^2 - \frac{1}{2}\omega^2\Delta(x^2 + y^2) = 2\omega^2;$$

$$\frac{dp}{dn_i} = +\omega^2 R \text{ sur la surface latérale,}$$

$$v = 0 \text{ sur chaque section droite extrême.}$$

Nous aurions d'après cela pour valeur de l'intégrale de $\frac{dp}{dn}$ étendue aux deux sections de base, la valeur zéro, ce qui démontre l'existence de valeurs négatives de la pression et par suite, l'impossibilité de l'état de continuité hydrodynamique.

On a donc ainsi l'exemple très simple d'un problème de mouvement commençant qui comporte les circonstances peu familières dont nous laissions entrevoir plus haut la possibilité (nos 11 et 12).

Il est d'ailleurs facile de faire l'étude de ce mouvement. Tout d'abord, si notre tube vertical était indéfini, le problème serait simplifié par l'adoption d'un trièdre de référence en chute libre dont une arête glisserait le long de l'axe du tube. En l'absence de force extérieure, dans un tel système, chaque section droite se comporterait d'une manière autonome, sans que ses particules soient influencées, dans leur mouvement, par les particules des sections droites voisines. Donc, à l'autonomie des particules, qui se présentait dans les cas de dissémination totale, nous verrions se substituer *l'autonomie des sections droites*. Et maintenant, si la paroi du tube est coupée, comme nous l'avons dit, au plan horizontal inférieur qui limite initialement le liquide, chaque section droite poursuivra pour son compte son mouvement d'ensemble de rotation uniforme, jusqu'à ce que sa chute l'amène à la sortie du tube, où se produira la dissémination totale des particules de cette tranche[1].

De tels résultats sont modestes par rapport à l'importance des problèmes envisagés. Mais ces aperçus montrent une fois de plus l'intérêt qui s'attache à l'étude de la Mécanique des Fluides pour qui veut apprendre à mieux connaître l'objectivité des théories purement mathématiques.

**G. Bouligand,**
Professeur à la Faculté des Sciences
de Poitiers.

---

1. Le mouvement à l'état de continuité hydrodydamique obéit à l'équation :

$$(6) \qquad \overrightarrow{\text{grad}}\, p = \vec{F}_e - \vec{J} + \mu\Delta\vec{V}$$

$\vec{F}_e$ désignant la force extérieure par unité de masse et $\vec{J}$ l'accélération. D'après l'équation (3) et le calcul du no 9, la divergence de $\overrightarrow{\text{grad}}\, p$ est la dérivée seconde initiale de la transformation ponctuelle $\tau(M)$ qui serait réalisée si la dissémination totale se produisait. Dans le cas où ce dernier mouvement, purement fictif, s'accompagnerait d'une contraction, $\overrightarrow{\text{grad}}\, p$ aurait sa divergence déterminée par le taux local de cette diminution de volume, qu'il s'agisse d'un liquide parfait ou visqueux à la Navier. Ce qui relie en passant l'idée de pression à celle de la contraction qui se produirait dans le mouvement fictif des particules regardées comme libres.

Considérons maintenant une zone où apparaît un mouvement intermédiaire. Il faut alors y remplacer (6) par

$$(7) \qquad \vec{\Pi} = \vec{F}_e - \vec{J} + \mu\Delta\vec{V}$$

la force de contrainte $\vec{\Pi}$ se substituant à $\overrightarrow{\text{grad}}\, p$ et ayant encore pour divergence la dérivée seconde initiale du jacobien $\tau(M)$. Admettre, dans tout mouvement irrotationnel, que l'ensemble de scission n'a pas de point intérieur, revient à admettre le postulat suivant :

La contraction, qui serait produite dans le mouvement fictif correspondant à la dissémination totale, à partir de conditions initiales déterminant en fait un mouvement intermédiaire, est moindre que la contraction qui serait produite par la dissémination totale, à partir de conditions initiales assurant en fait la persistance de l'état hydrodynamique.

# L'ACTION NUISIBLE DES FUMÉES, POUSSIÈRES, GAZ, VAPEURS DES USINES ET AUTRES SUR LES PLANTES

On sait l'opposition que font parfois les agriculteurs aux projets d'installation de certaines usines, dans le rayon immédiat de leurs cultures, craignant, pour celles-ci, les dégâts que pourraient leur causer les produits nocifs rejetés dans l'atmosphère.

De tels préjudices donnent d'ailleurs lieu, chaque année, à des plaintes et contestations, qui mettent souvent en mouvement l'appareil judiciaire, et provoquent des expertises devant éclairer les juges sur la valeur des arguments invoqués par les parties.

Il ne s'agit pas seulement ici d'émanations d'ordre chimique, comme gaz sulfureux, chlore ,fluor, etc., évidemment les plus à redouter, mais encore de fumées proprement dites, de poussières diverses, rejetées dans la campagne par les cheminées des foyers, ou autres voies d'évacuation.

*Fumées des combustibles; fumées d'agglomérés.* — Les fumées provenant de la *combustion* de la *houille* contiennent des gaz, anhydride sulfureux, etc., des particules de carbone, de la suie, des cendres.

« Les particules solides qui pourraient avoir quelque action nuisible sur la végétation sont à négliger, dit G. Delacroix, leur poids spécifique les empêche de se disperser dans l'atmosphère. »

Il faut cependant compter avec les vents, et, en hiver, avec la neige qui capte les poussières et les entraîne sur les plantes.

D'après Stoeckhardt, Morren, la suie par elle-même ne se montre pas nocive.

Toutefois, Félix Laurent cite la composition suivante de la suie de houille, recueillie après la pluie : carbone libre, 41,5; hydrocarbures solides et liquides, 13,1; bases diverses, 2,1; acide sulfurique, 4,6; acide chlorhydrique, 1,4; ammoniaque et sels ammoniacaux, 1,4; fer et oxyde de fer magnétique, 2,7; autres matières minérales, 32,2.

L'auteur ajoute : les acides sont franchement funestes, mais l'ammoniaque sert d'engrais.

Dans la suie provenant de cheminées domestiques on a trouvé 13 % de sulfate d'ammoniaque.

Les hauts fourneaux, les fours à coke ordinaires (sans dispositif de récupération), et autres, laissent dégager des fumées *goudronneuses*.

Edmond Perrier a constaté en hiver, au Jardin des Plantes de Paris, qu'elles déposaient sur les feuilles des arbres verts, magnolias, etc., une poussière noire très adhérente, du plus déplorable effet. Ces organes ne tardaient pas à tomber; il est vrai qu'au printemps suivant il en repoussait d'autres, mais chaque année de plus en plus malingres

On a signalé, à Pagny-sur-Moselle (M.-et-M.) des méfaits très accusés occasionnés par des fumées épaisses très denses, chargées de dérivés du goudron, échappées, de temps à autre, d'une fabrique de crayons (charbons) pour lampes électriques, préparés avec des agglomérés.

A plus d'un kilomètre de distance, les feuilles atteintes présentaient des brûlures ; finalement, les plantes mouraient, comme grillées.

De pareils dégâts se sont produits en Savoie, au voisinage des usines d'électrodes (mélange de coke et de goudron). Les arbres fruitiers, le noyer, le peuplier, se desséchaient peu à peu.

M. Mozziconacci, alors directeur de la Station séricicole d'Alès, a vérifié que des feuilles de mûrier, noircies par une substance qui y adhérait assez fortement, et qui provenait des fumées d'une usine d'agglomérés (brai sec et poussière de houille), étaient parfaitement mangées par les vers à soie, et ne leur furent nuisibles d'aucune façon.

Toutefois, par son aspect même, la valeur marchande de la récolte subit une dépréciation.

*Poussières diverses.* — Le broyage des *superphosphates* met en suspension dans l'atmosphère des poussières acides, qui peuvent brûler les feuilles.

Le grillage de ces organes a été signalé aussi pour les poussières émises, dans les mêmes conditions, par la *cianamide de calcium.*

Les *cimenteries* sont souvent mises en cause.

On n'a pas oublié dans la région de Marseille, les protestations que soulevèrent, il y a un ou deux ans, la population agricole et viticole de Cassis, dont le vin est si réputé, et la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, contre le projet d'installation d'une usine de ciment dans le quartier de Collongues, à 3 km. de Cassis.

On connaît aussi les plaintes des agriculteurs qui avoisinent l'usine de Maxéville (M.-et-M.), et celle de Tonnerre (Yonne), etc.

Aux États-Unis, J. Anderson a observé des dégâts sur les arbres fruitiers à une distance de plus de 3 km. de l'usine incriminée.

On accuse les poussières des cimenteries de neutraliser, par leur chaux, etc., les sécrétions acides du stigmate des fleurs, et d'empêcher ainsi la germination du pollen, partant la fructification.

Les ciments ordinaires sont moins à craindre que les ciments artificiels, dont les fours rotatifs, s'ils ne sont pas pourvus de turbo-capteurs, lais-

sent perdre dans l'air de grandes quantités de poussières, que l'on dit très riches en potasse, par l'argile employée.

Les poussières des usines produisant la *fonte*, le *fer*, l'*acier*, qui contiennent de la silice, de l'oxyde ferrique, de l'alumine, de la chaux, de la magnésie, du carbone, etc., passent pour être sans action sur les plantes.

Il en serait de même des usines à ferro-alliages (ferro-silicium, ferro-chrome, etc.), des usines d'aluminium (particules d'alumine et de charbon), des usines d'antimoine (particules d'oxyde d'antimoine), des hauts fourneaux (fines particules de minerai, de charbon).

Cependant, dit le Comité scientifique de la Société nationale d'Horticulture, les poussières inertes, en recouvrant les feuilles entravent la respiration et la transpiration de ces organes, ce qui peut amener la mort des plantes.

On a rappelé aussi, à ce sujet, des expériences faites jadis en Allemagne, où les rapporteurs disaient que ce qui nuit le plus aux arbres c'est la poussière.

Mais les avis ne restent pas moins partagés.

Dans des expériences en serre, sur des géraniums en pot, on a constaté que la poussière ordinaire des routes n'est pas nuisible. Les feuilles portaient, sur les deux faces, une couche qui y est restée quatre mois.

On peut remarquer aussi que les végétaux qui bordent les routes ne semblent pas souffrir de la poussière, souvent abondante, qui les recouvre, et même les vignes sont alors moins atteintes par l'oïdium.

La croûte noire formée par la fumagine, — maladie produite par divers champignons, *Limacinia citri*, etc., — qui tapisse parfois la ramure des orangers et autres arbres, ne paraît pas, non plus, entraver la végétation.

On sait, d'ailleurs, que les stomates sont surtout à la face inférieure des feuilles.

Mais les poussières inertes peuvent, cependant, être nuisibles à d'autres points de vue.

Répandues sur les fruits et les légumes, en particulier les choux-fleurs, elles nuisent à leur vente, il faut les laver, avant de les offrir sur les marchés, et même ces produits sont tout à fait inutilisables, quand la poussière est noire. S'il s'agit de raisins de cuve, le vin peut contracter un mauvais goût.

Les fourrages souillés sont moins bien acceptés par les animaux. Ils peuvent, d'ailleurs, leur occasionner des désordres intestinaux.

On a signalé des accidents sérieux dus à des poussières provenant des minerais de zinc.

Une véritable épidémie sévit sur un troupeau de brebis qui allait pâturer dans les champs voisins d'une usine de baryte.

Des fourrages et des fruits imprégnés de poussières chargées d'arsenic sortant de fonderies, ont causé des empoisonnements chez les animaux et chez l'homme.

Evidemment, il ne s'agit pas là de poussières inertes.

*Gaz et vapeurs acides, ou toxiques.* — Ce sont les émanations qui peuvent causer le plus de dommages, en particulier le chlore, l'acide fluorhydrique, l'acide sulfureux.

Ce dernier, le *gaz sulfureux*, est celui que l'on accuse le plus souvent, car la houille qui sert de combustible dans les foyers, — surtout la houille de mauvaise qualité, d'ailleurs plus riche aussi en cendres, — contient du soufre et des sulfures.

D'après le Dr Schroeder et les expériences de Morren, Stoeckhardt, l'action néfaste de la fumée des usines sur la végétation n'est due ni à la suie, ni à l'arsenic, ni à l'oxyde de plomb, mais uniquement au gaz sulfureux.

L'anhydride sulfureux se produit encore dans les fours à coke ordinaires (sans récupération des produits de la distillation), dans les briqueteries, où l'on recherche, d'ailleurs, les houilles pyriteuses parce qu'elles donnent de meilleurs résultats dans la cuisson.

Notons que dans les fours à chaux l'acide sulfureux produit par la combustion de la houille pyriteuse se combine à la chaux (sulfite de calcium).

Citons aussi, comme produisant le gaz en question, les usines qui traitent des pyrites, ou autres sulfures métalliques (fer, zinc, cuivre, plomb, antimoine, arsenic).

On a calculé que le grillage de 30.000 kg. de pyrites de fer, par 24 heures en engendre 250 kg. environ.

Les verreries, les fabriques de cellulose, les nombreuses usines de produits chimiques, acide sulfurique, hyposulfite de sodium, superphosphates, etc., laissent dégager, également, de l'anhydride sulfureux.

On sait que cet anhydride, au contact de la vapeur d'eau, qu'il rencontre principalement dans l'atmosphère (les fumées des locomotives en marche sont particulièrement riches en eau), ou au contact des plantes, engendre de l'acide sulfurique.

Le Dr Rivière, du Laboratoire municipal de Roubaix, et M. Beirnaert, ayant étendu du linge mouillé dans le voisinage d'une briqueterie, y trouvèrent, à l'analyse, de l'acide sulfurique, tandis qu'il n'y en avait pas dans le linge témoin

placé en dehors des atteintes des émanations de la briqueterie.

L'*hydrogène sulfuré* (sulfure d'hydrogène, acide sulfhydrique), autre composé du soufre, se dégage des foyers à houille, des fours à coke ordinaires, etc.

Le *chlore* et ses dérivés, acide chlorhydrique, etc., proviennent surtout des usines où l'on prépare les hypochlorites (chlorure de chaux, eau de Javel, eau de Labarraque, etc.), la soude par électrolyse du sel marin, le chlorate de potassium. Il peut s'en dégager aussi des fabriques de porcelaine et terres cuites, des briqueteries (argile), des usines à superphosphates, des papeteries, des usines de décapage des tôles, des fours à coke sans récupération, etc.

Le chlore a une action beaucoup plus caustique sur les plantes que l'acide sulfureux et l'acide clorhydrique. Ce dernier peut être formé par le chlore, dans l'air humide.

Le *fluor* et ses dérivés, acide fluorhydrique, acide hydrofluosilicique, se produisent dans la fabrication des superphosphates (attaque des fluorures des phosphates par l'acide sulfurique), du phosphore tiré des phosphates, dans l'extraction de l'aluminium avec la cryolithe par voie électrique, dans les verreries, dans la fabrication de la porcelaine, des terres cuites, des briques. Il en sort des foyers à houille, des hauts fourneaux, etc.

Les vapeurs d'*acide azotique*, d'acide hypoazotique (peroxyde d'azote), se dégagent pendant la préparation de l'acide azotique, de l'acide sulfurique.

Des *dérivés du phosphore* naissent dans la préparation de ce dernier avec les phosphates.

Des *composés arsenicaux* se forment dans le traitement des minerais d'arsenic, dans la combustion des pyrites de fer, des houilles pyriteuses.

*Circonstances diverses qui influent sur l'action des produits nocifs.* — Les dommages varient considérablement suivant l'espèce végétale, son état de végétation, sa hauteur; suivant le régime des vents et la topographie des lieux, les conditions météorologiques, la durée d'action des gaz et fumées, etc.

En *hiver*, seuls sont exposés quelques champs de céréales et autres rares cultures, ainsi que les arbres ou arbustes à feuilles persistantes des jardins, parcs, avenues, ou forêts.

Dans la période de *vie active*, ce sont les parties jeunes, tendres, des plantes, qui sont les plus sensibles. En particulier, les organes floraux (céréales, arbres fruiters, etc.) peuvent être frappés de stérilité partielle ou totale.

Il est évident, aussi que les *sommets* des arbres sont le plus exposés; c'est là surtout, que l'on trouve les feuilles desséchées.

Les *sujets* déjà *déprimés*, affaiblis, par une cause quelconque, maladie, insectes, âge, défaut de soins culturaux, souffrent davantage et se rétablissent plus difficilement.

Par *temps calme*, les poussières, fumées, gaz, ne sont pas dispersés et restent concentrés; ils sont ainsi plus dangereux, et tombent vers le sol dans un rayon assez faible; les dégâts, très marqués au voisinage immédiat de l'usine, vont en s'atténuant avec la distance.

Les cultures placées sous le *vent dominant* sont plus éprouvées. On peut remarquer, sur les arbres en particulier, que les corrosions, les parties atrophiées, sont plus accentuées sur le côté du courant atmosphérique.

Du fait même du régime des vents, qui dépend beaucoup de la topographie des lieux, la distance à laquelle les plantes peuvent souffrir est très variable.

Dans les environs de Nantes, l'action des vapeurs d'acide fluorhydrique s'étend sur un rayon d'un kilomètre à 1 km. 5. A Chauny (Aisne), on a constaté des dégâts, par les vapeurs nitreuses et chlorhydriques, jusqu'à 4 km.

Dans les *vallées étroites* et profondes, à parois rapides, la dispersion des produits nocifs se fait difficilement. Or, c'est dans une pareille situation, que, d'ordinaire, on rencontre (régions montagneuses, Alpes, etc.) les usines électro-chimiques et électro-métallurgiques, qui demandent aux chutes d'eau l'énergie mécanique nécessaire pour la production de l'électricité.

Là, les courants d'air suivant toujours la même trajectoire, on peut constater des dégâts fort loin le long de la vallée.

Pour ce qui concerne les *conditions météorologiques*, on comprend que les brouillards condensent, dans leurs fines gouttelettes, les produits nocifs répandus dans l'atmosphère, qui sont ainsi précipités plus facilement sur le sol.

De même, dans les situations exposées aux rosées, les plantes basses craignent davantage, car c'est au voisinage de la terre que les effets du rayonnement nocturne sont le plus accentués.

Il y a lieu de remarquer, toutefois, que brouillards et rosées sont surtout fréquents de l'automne au début du printemps, c'est-à-dire avant l'éclosion des bourgeons des arbres à feuilles caduques.

En somme, l'action néfaste des fumées et gaz est favorisée par un temps calme, humide et frais, l'humidité pouvant intervenir, d'ailleurs, pour renforcer l'acidité de certains produits, l'anhydride

sulfureux, par exemple, qui se transforme alors en acide sulfurique.

Mais on prétend que l'action corrosive des vapeurs nitreuses et d'acide chlorhydrique est plus marquée par temps sec.

Enfin, il est certain qu'un régime de pluies fréquentes, qui lavent les feuilles, corrige la durée d'action que pourraient avoir les produits nocifs.

La lumière et la température ne sont pas indifférentes, au moins pour l'anhydride sulfureux et l'acide sulfurique, dont on a dit que les dégâts sont d'autant plus à craindre que l'humidité, la chaleur et la lumière interviennent en même temps.

Si les diverses *espèces de végétaux* présentent des degrés de sensibilité variables, il est toutefois difficile de donner des indications précises, car dans les dégâts signalés il est rarement tenu compte de l'influence des facteurs que nous venons de signaler.

D'une façon générale, dit-on, les plantes annuelles sont moins exposées que les plantes vivaces, entendant par là que leur vie étant de courte durée, en cas de dommage le propriétaire est moins lésé que s'il s'agissait de cultures dont la reconstitution demande des années.

En ce qui concerne les *légumes*, d'après M. Faes, ceux qui sont à épiderme charnu et lisse, comme choux et poireaux, restent indemnes, alors que toutes les autres plantes souffrent.

Mais on dit aussi que les Crucifères (choux) sont éprouvés.

On cite les pois, fèves, pommes de terre, betteraves, comme étant les plus sensibles à l'acide *sulfureux*.

A Nantes on a constaté que *l'acide fluorhydrique* agit surtout sur les légumes.

Les semis de seigle seraient plus sensibles à l'*acide sulfureux* que ceux de blé. Mais on a pu vérifier aussi, à Terni (Italie) que ce gaz ne cause aux *céréales* que des dommages négligeables, ou nuls.

On a signalé qu'à Chauny (Aisne) les plantes de grande culture, et particulièrement les céréales, ne souffrent pas des *émanations nitreuses* et chlorhydriques.

En ce qui concerne les *prairies*, des auteurs ont remarqué que les Légumineuses sont les plus éprouvées. Toutefois, s'il s'agit du *gaz sulfureux*, à Terni on a pu vérifier qu'il ne cause aux plantes fourragères que des dommages négligeables, ou nuls.

A Nantes, l'*acide fluorhydrique* serait surtout nuisible aux *vignes*.

D'après Faes, presque tous les *arbres fruitiers* sont endommagés par les vapeurs et gaz nocifs, et en particulier les cerisiers, qui sèchent pour la plupart. Les poiriers et les pommiers également, sauf certaines variétés (reinette Arbert, reinette grise, Gravenstein), qui restent vigoureuses au milieu d'autres très atteintes. Les griottiers, pruniers, cognassiers, résistent assez bien.

D'autres auteurs ont noté que le prunier et le cerisier sont très sensibles à l'*acide sulfureux*.

A Tarand, les pommiers furent les plus éprouvés par ce gaz; à Terni (Italie), le figuier, l'abricotier, le pêcher, le noyer, tandis que le poirier, le pommier, le cerisier, l'olivier, se sont beaucoup mieux comportés.

A Chauny on a noté que les *émanations nitreuses* et *chlorydriques* agissent surtout sur les arbres fruitiers, et à Nantes ce serait l'*acide fluorhydrique*.

A Terni, le *mûrier* ne paraît guère souffrir de l'*acide sulfureux*, toutefois, les feuilles ne furent pas données aux vers à soie, de crainte qu'elles puissent leur nuire.

Dans les *forêts*, les Conifères sont beaucoup plus exposés que les feuillus, car ils renouvellent moins souvent leurs feuilles. Les jeunes pousses se dégarnissent de leurs aiguilles, ordinairement à la base; parfois, les branches, surtout au sommet, et même l'arbre, sont rabougris.

Le sapin pectiné est plus sensible aux gaz et vapeurs acides que le pin, parce que le renouvellement des aiguilles se fait à plus long intervalle. L'épicéa occupe une place intermédiaire.

Les *composés* gazeux *fluorés* agissent surtout sur les pins. Mais on a dit aussi que l'*acide sulfureux*, tout au moins, exerce son action nocive plus rapidement sur les organes foliaires des feuillus que sur ceux des conifères.

Dans les environs de la Station agronomique de Tarand, le bouleau, le hêtre, le chêne, se sont montrés les plus atteints par ce gaz.

Schroeder et Reuss, visant également ce dernier, disent que le chêne est le plus résistant; viennent ensuite l'érable, le frêne, l'orme, le peuplier. Quant au charme, au hêtre, au bouleau, ils sont très sensibles.

*Caractères extérieurs des végétaux atteints.* — L'action des émanations nocives sur les plantes peut se manifester par des lésions particulières que l'on désigne couramment sous le nom de brûlure, apparentes surtout sur les bourgeons et les jeunes feuilles.

Les taches caractéristiques se montrent principalement sur les bords de ces dernières, et quand les lésions sont très avancées, les organes se racornissent, se dessèchent plus ou moins, et semblent grillés.

Si ce sont les fleurs qui sont atteintes, le

rendement des fruits, graines, etc., peut être considérablement réduit.

Il est à remarquer que les végétaux ainsi affaiblis, principalement les arbres, sont alors souvent attaqués par des parasites divers.

« L'action chronique des faibles concentrations des *gaz acides* sur les arbres des *forêts*, dit Sabachnikoff, entraîne une diminution dans la production du bois, qui peut aller jusqu'à 60 % et plus.

« L'arbre malade présente un moins gros diamètre.

« Mais le mal est plus grave si, par suite du nombre d'arbres morts, on est obligé d'abattre le peuplement avant sa complète révolution. »

Suivant l'agent nocif, et surtout l'espèce à laquelle appartient le végétal, les lésions sont différentes.

Ainsi, sur le *blé*, le *gaz sulfureux*, et l'*acide sulfurique* qui en dérive, forment des taches au centre des feuilles, souvent en striations parallèles ; parfois les organes se roulent.

On a dit aussi que sur les jeunes céréales les feuilles ont leur extrémité rougeâtre, qui, plus tard, devient jaunâtre, puis, enfin blanchâtre.

Voici ce qu'écrit M. Ed. Gain, en ce qui concerne les *plantes fourragères* : « L'aspect de la prairie, par sa teinte roussâtre, indique l'influence de la fumée sulfureuse.

« La flore est transformée en deux à trois ans ; les bonnes espèces fourragères disparaissent.

« Les foins sont très riches en acide sulfurique, dont la proportion peut être triplée, comme l'a montré Petermann.

« Il y a aussi augmentation des cendres dans la matière sèche, appauvrissement en acide phosphorique, potasse et chaux ; augmentation de la silice, du fer, de l'alumine.

« Enfin, on constate une plus grande quantité de cellulose, une diminution de valeur énergétique, une digestibilité moindre du fourrage.

« Le bétail peut accuser lui-même une intoxication, et manifester les symptômes de ce que l'on a appelé la « maladie acide », qui fut notamment étudiée autrefois à Liége par le vétérinaire Remy. »

On a dit aussi que dans les prairies, sous l'action du gaz sulfureux, les feuilles ont leur extrémité rougeâtre, plus tard, jaunâtre, et enfin blanchâtre.

Et encore, que les feuilles de trèfle sont tachées de noir.

On sait que le gaz sulfureux décolore. On a signalé le cas de violettes devenues blanches, dans les jardins des horticulteurs de Newcastle.

Rappelons, à ce sujet, que l'on a constaté, à une certaine époque, à Rouen, le changement de coloration des affiches imprégnées de sels de plomb, sous l'influence du gaz en question contenu dans l'atmosphère de la ville.

D'après ce qui a été vérifié à Terni (Italie), le même agent chimique produit des brûlures sur les feuilles de vigne, surtout à l'extrémité et sur les bords ; les ceps deviennent rachitiques, et les raisins sont moins sucrés.

Sur les arbres, les taches de corrosion produites par les acides ont une coloration qui varie entre le rouge, rouge-brun et le brun.

Sur les feuillus, hêtre, bouleau, érable, etc..., les corrosions sont limitées au limbe, et toutes les portions de celui-ci qui touchent les nervures restent vertes.

Dans d'autres circonstances, c'est plus particulièrement la marge de la feuille qui montre une corrosion intense.

L'action caustique du *chlore* est beaucoup plus grande que celle de l'acide sulfureux et celle de l'acide chlorhydrique. « Des feuilles ont été presque entièrement corrodées, dit G. Delacroix, dans une atmosphère en contenant seulement 1/5.000 ».

Chez les céréales, le seigle surtout, les feuilles deviennent blanches et molles sous l'influence de l'acide chlorhydrique. On a constaté des effets assez analogues sur les vignes et les oliviers.

M. Mangin a signalé des faits observés dans la vallée de l'Arve, dus à des produits chlorés : Les feuillus sont en général indemnes, sauf les bouleaux et les aulnes, mais les résineux sont particulièrement atteints.

L'épicéa meurt au bout de quatre à six ans.

Chez le pin sylvestre et le sapin pectiné, la présence de l'acide chlorhydrique sur les aiguilles provoque une réaction énergique de défense ; il se forme une excrétion gommeuse chez le pin sylvestre, et du liège chez le sapin pectiné, qui protègent efficacement les feuilles.

Les *vapeurs nitreuses* se comportent sur les plantes à peu près comme l'acide chlorhydrique.

Sous l'action de l'*ammoniac*, généralement les feuilles noircissent plus ou moins ; cependant, chez l'orge, elles blanchissent.

Fréquemment, les fleurs changent de teinte.

Malgré toutes ces données, et bien d'autres que nous ne pouvons développer ici, les caractères pathologiques des sujets atteints peuvent varier beaucoup. Aussi, en cas d'expertise devant apprécier si les dégâts incriminés sont bien dus aux émanations de l'usine en cause, on ne saurait s'entourer de toutes les investigations possibles, et, notamment, vérifier si les lésions constatées sur les plantes ne proviennent pas de quelque maladie, des erreurs de ce genre s'étant produites.

En somme, nos connaissances actuelles sur la

matière sont très incomplètes; elles appellent des observations, des analyses et des expériences.

Par la voie analytique on cherchera à doser, par exemple, les acides et sels correspondants, aussi bien dans les plantes lésées que dans celles qui ne le sont pas, mais dans les mêmes conditions de sol, de culture, etc.

A la Station agronomique de Tarand, où les investigations portèrent sur des émanations d'acide sulfureux, on trouva, dans un pommier mort, 0,248 d'acide sulfurique pour 100 de matière sèche, contre 0,128 dans un pommier en bon état.

Et encore, dans un sapin mort, 0,248 du même acide dans les sommités, contre 0,099 chez un sapin sain; dans un épicéa mort, 0,113, contre 0,062.

*Mode d'action des agents nocifs.* — Le processus intime des émanations acides est assez bien connu, grâce aux études de Stoeckhardt, Morren, Schroeder, Reuss, Freytag, Sorauer, Hasenclever, Haselhoff, Lindau, etc.

Ainsi, l'acide sulfureux, un des produits les plus répandus dans l'ambiance des foyers, au contact des tissus tendres, aqueux, des plantes, les déshydrate et tue le contenu des cellules, qui brunit.

On sait aussi que par sa combinaison avec l'eau cet acide se transforme en acide sulfurique, qui se conduit de la même façon.

Mais les gaz n'agissent pas seulement à l'extérieur, ils pénètrent aussi à l'intérieur des organes par les stomates, dans la fonction respiratoire. De toute façon les processus d'assimilation du végétal sont troublés.

Les lésions provoquées par la respiration des gaz acides, dit, V. Sabachnikoff, sont beaucoup plus dangereuses et occasionnent des dégâts beaucoup plus graves que l'action corrodante des fortes concentrations de certains acides.

Chez les arbres, poursuit l'auteur, l'effet produit varie avec les espèces. Le Picea est le plus sensible, l'Abies pectinata est très résistant dans sa jeunesse, mais devient plus sensible à partir de la quarantième année, et il peut succomber dans un temps très court.

Pinus strobus et Pinus sylvestris sont, en général, sensiblement plus résistants que le Picea, surtout dans sa jeunesse.

Les arbres âgés souffrent beaucoup plus.

Le Mélèze est, de tous les Conifères, celui qui souffre le moins.

L'action corrosive de l'acide chlorhydrique est dit-on, moins accentuée que celle de l'acide sulfureux, et surtout celle du chlore.

Disons, cependant, que M.M. P. Guérin et Ch. Lormand ont constaté que des plantes en pot maintenues une à deux heures dans une atmosphère à 1/2.000 de chlore, perdirent leurs feuilles par suite de plasmolyse (contraction du protoplasma); mais de nouvelles apparurent après un temps plus ou moins long, et les plantes reprirent leur végétation normale.

*Action sur le sol.* — D'après M. V. Sabachnikoff, on peut observer fréquemment, sur le sol des forêts, la formation d'humus acide due à la chute énorme des feuilles et aiguilles.

Par suite de la diminution du nombre des souches, l'évaporation de l'eau est moindre, l'excès d'humidité qui en résulte amène la pourriture de la matière organique, et les mauvaises herbes, surtout les Cypéracées, envahissent le sol.

C'est là une action indirecte, si l'on peut dire, des produits des usines sur le sol.

Il n'en est pas de même lorsque les émanations nocives sont entraînées avec les précipitations atmosphériques, et pénètrent dans la terre, si elles sont solubles.

Wieler a constaté que dans les régions qui reçoivent continuellement des fumées on peut rencontrer, jusqu'à 30 cm. de profondeur, de l'acide sulfurique résultant des transformations subies par l'anhydride sulfureux.

Les produits acides peuvent là nuire directement aux racines, ou amorcer des réactions dont les dérivés sont eux-mêmes nocifs pour les organes radiculaires des végétaux, ou modifient la composition de la terre, au moins dans les couches supérieures.

Tout cela est de nature à enrayer les phénomènes biologiques d'où dépendent la solubilisation et l'absorption des aliments des plantes.

« La pollution du sol par les fumées nuit à la production du chevelu des racines », a-t-on dit.

Dans les sols qui contiennent du cuivre, l'acide sulfureux peut l'amener en combinaison légèrement soluble, et ce cuivre dissous peut nuire aux végétaux. Toutefois, le carbonate de calcium aide à réduire l'action dissolvante de l'acide.

Schroter et Reuss ont cru pouvoir conclure à une sorte d'empoisonnement du sol par les fumées.

Les acides, l'acide sulfurique par exemple, neutralisent les bases minérales, de magnésium, de calcium, et en particulier décalcifient la terre.

Or, on sait le rôle considérable que joue le calcaire fin dans la biochimie du sol.

Ainsi, la nitrification de l'azote organique insoluble ne peut se faire qu'en présence d'une base. Les acides humiques n'étant plus saturés, la terre devient acide, ce qui entraîne des troubles végétatifs.

Toutefois, les avis sont partagés.

D'après Stoeckhardt, le gaz sulfureux n'a dans le sol qu'une faible influence.

G. Delacroix estime que « l'absorption par le sol de l'acide sulfureux dissous est absolument négligeable, quoi qu'en aient dit quelques auteurs. C'est uniquement dans les feuilles des plantes qu'il faut rechercher ce gaz, où il pénètre surtout par les stomates. Le chlore et l'acide chlorhydrique ne sont pas produits en assez grande quantité dans les fumées pour que les chlorures formés dans le sol puissent donner lieu au moindre dégât. »

Huseldorff reconnaît que l'acide sulfurique provenant de l'acide sulfureux décalcifie la terre, mais la végétation n'est pas altérée tant que le premier peut être saturé. L'auteur ne croit pas qu'il faille accuser l'acide humique, ou plutôt ce dernier doit rarement se présenter à l'état libre.

Sorauer fait remarquer que le rôle décalcifiant a été peut-être exagéré, mais il ne le nie pas.

Malgré ces opinions, on cite des faits qui semblent montrer que les produits nocifs des usines ont une action plutôt défavorable sur la terre, et une répercussion sur les plantes qui y croissent, surtout sur celles de longue durée et en sol peu travaillé, comme les prairies permanentes, les forêts, etc.

Reuss, en semant des graines d'arbres dans de la terre prise dans une région soumise aux actions des fumées, mais transportée hors des atteintes de celles-ci, a constaté, parmi les jeunes plantes de 1 à 3 ans, la mortalité suivante : frêne, 100 %, érable, 92, pin, 8, chêne, 0.

D'après Werner, le pourridié des racines des arbres, engendré par le champignon *Armilaria mellea* Wahl, apparaît souvent en sol soumis à d'abondantes et fréquentes émissions de fumées d'usines, et cette affirmation est admise sans discussion par plusieurs auteurs, dit Foëx.

C'est donc que les fumées apporteraient dans la terre des modifications favorables au développement du champignon en question, et probablement contribueraient à sa décalcification.

On a remarqué, en effet, que l'Armilaria mellea est particulièrement fréquent sur les arbres plantés en sol acide, c'est-à-dire pauvre en calcaire.

M. Gard a trouvé que le noyer est rarement atteint par le pourridié dans les situations calcaires. Il a d'ailleurs vérifié que les spores du parasite ne germent qu'en faible proportion dans de l'eau contenant 1,3 à 1,5 pour mille de chaux.

*Les remèdes.* — M. de La Palice ne nous contredirait certainement pas (rappelons, en passant, que seigneur de La Palice n'avait pas la naïveté qu'on lui prête si gratuitement), si nous disions que pour éviter tout dommage aux cultures il ne faut point installer dans leur voisinage des usines qui rejettent dans l'atmosphère des produits de nature à leur porter préjudice.

On a bien demandé aussi que les fabriques de produits chimiques ne travaillent que l'hiver, vœu à peu près irréalisable.

Les usiniers, dit-on encore, devraient acquérir les terres avoisinantes pour les exploiter, ou les louer à des conditions spéciales.

Mais sans compter que la zone dangereuse peut s'étendre parfois sur plusieurs kilomètres, il est des propriétaires qui, pour des raisons matérielles et même morales, ne veulent point se dessaisir de leur patrimoine.

Il s'agit donc de concilier à la fois les légitimes intérêts des industriels et des agriculteurs.

Ces derniers peuvent réclamer des indemnités pour les dommages causés. Hélas ! tout ne se passe pas toujours à l'amiable ; des contestations, des conflits, naissent parfois, et l'agriculteur recule souvent devant un procès, car, sait-on jamais comment se termine un différend porté devant les juges, même quand on a tous les atouts dans son jeu ?

Et puis, que de frais ; il y a les experts, les chimistes, les longues analyses, etc.. D'ailleurs, une expertise, surtout en pareille matière, est toujours une cote mal taillée.

« Une exploitation agricole, dit avec juste raison le Dr Ing. Hermann Kallbrunner (Vienne, Autriche), à propos d'un projet de loi en Styrie devant prévenir les dommages et indemniser d'une façon équitable ceux qui ont été causés, ne peut se baser sur le recouvrement d'indemnités plus ou moins copieuses. Elle doit produire, et à cet effet elle doit être efficacement protégée. »

L'éducation est plus efficace que la loi, fait remarquer Stoklasa. « Les industriels doivent se convaincre qu'il est de leur intérêt de collaborer avec les autorités, dans la lutte contre les fumées. »

Nous ne connaissons que deux arrêtés pris par l'administration, que nous puisons dans « L'Avenir Textile » (mars 1930), visant les fumées produites par les combustibles des foyers dans les villes. L'un, du préfet de police de Paris, en date du 1er août 1928 :

Article 1er : Il est interdit de produire, dans les établissements industriels, commerciaux, ou administratifs, du département de la Seine, soit des fumées, soit des suies ou poussières, soit des gaz toxiques ou corrosifs, susceptibles, par des émissions répétées, ou prolongées, de polluer l'atmosphère, et de nuire à l'hygiène, ou à la santé publique. »

L'autre, du maire de Lille, en date du 15 septembre 1928 :

Article 1er : Dans un délai de six mois à partir de la publication du présent Arrêté, il sera interdit de produire une fumée noire, épaisse et prolongée.

Article 2 : Toute cheminée industrielle, ou de chauffage central, ne pourra évacuer de fumée colorée plus de cinq minutes par heure.

En somme, le vieil adage, « mieux vaut prévenir que guérir », semble tracer ici la meilleure ligne de conduite à suivre.

« La technique, écrit le Dr Ing. Hermann Kallbrunner, dont les progrès sont importants, doit être sans doute à même de trouver des dispositifs qui, sans être une charge pour les industriels intéressés, soient aptes à protéger aussi bien la production agricole que la santé des ouvriers employés dans l'industrie. »

Hélas ! il s'agit là d'un problème technique délicat, et non encore solutionné dans tous les cas.

Bien que la plupart des procédés de fabrication se perfectionnent chaque année, il est encore beaucoup de situations qui réclament d'urgentes améliorations.

Les cheminées d'évacuation des fumées de combustion souvent ne sont pas suffisamment élevées, et manquent d'un tirage puissant pour projeter leurs produits à la plus grande hauteur possible, où les vents peuvent mieux les entraîner dans leurs courants.

On a demandé qu'à leur sommet on installe quelque appareil spécial destiné à brasser les fumées avec l'atmosphère, afin d'obtenir un mélange moins nocif.

Les dispositifs fumivores assurent une combustion plus complète des particules solides et des gaz combustibles.

Les dépoussiéreurs n'agissent guère que sur les poussières ordinaires (particules de coke, — surtout avec le chauffage au charbon pulvérisé, — de cendre, etc.) entraînées par les gaz chauds, car la suie a une trop faible densité (combustion des hydrocarbures de la houille et dérivés) ; mais il est des épurateurs qui peuvent retenir le goudron, les vapeurs d'anthracène, etc.

Le dépoussiérage s'applique aussi efficacement à certaines industries, fabrication des ciments, du carbure de calcium, etc., où la récupération peut d'ailleurs présenter un avantage économique pour l'usine elle-même (ciment, charbon, métaux semi-précieux, ou précieux, etc.).

Ainsi, dans les cimenteries on arrive, avec les turbo-capteurs, à retenir jusqu'à 95 % et plus des poussières.

Le dépoussiérage électrique consiste à faire passer les poussières entre deux rangées d'électrodes où se produit une décharge électrique silencieuse. Les ions gazeux formés se précipitent sur les grains de poussière, en leur donnant des propriétés électriques qui les font se déplacer et se déposer.

Aux fours à coke ordinaires on peut annexer une usine de récupération des goudrons, eaux ammoniacales, huiles benzinées, etc.

Pour ce qui concerne les gaz acides, ou toxiques, il est possible de les arrêter, en partie tout au moins, par dissolution, décomposition, combinaison, neutralisation, etc.

Rappelons que d'après Beirnaert et Rivière (Roubaix) on évite le dégagement du gaz sulfureux produit par la combustion des houilles pyriteuses, ou tout au moins le réduit considérablement, en mélangeant à celles-ci du carbonate de chaux, qui fait passer le gaz à l'état de sulfite.

Quant à l'agriculteur, ses moyens de défense sont assez limités ; tout au plus peut-il chercher à protéger ses cultures par la plantation de haies denses, constituées par exemple par des arbres feuillus élevés.

Contre la décalcification des terres produite par les acides, il n'y a que les fréquents chaulages qui puissent y remédier.

*Le goudronnage des routes.* — On n'a pas oublié l'émoi soulevé, vers 1910, par les plaintes du conservateur du Bois de Boulogne et du syndicat des horticulteurs, accusant le goudronnage des allées d'être la cause d'accidents sur les plantes en bordure, ou dans les jardins du voisinage, arbres d'alignement, d'ornement, plantes molles, etc.

On constatait sur les feuilles la présence de taches brunes, et ces organes se gaufraient, se développaient mal.

De nombreux savants s'occupèrent alors de la question, Olivier, Mirande, Griffon, Mangin, Gatin, Prillieux, Heckel, etc.

Mais leurs opinions étaient loin de constituer une thèse homogène, car les conclusions étaient souvent opposées.

Si l'on était à peu près d'accord pour reconnaître que ce n'est pas par l'intermédiaire du sol que le goudron agit sur la végétation, au moins quand les voies sont larges, il n'en était pas de même pour les produits, poussières ou gaz, qui s'échappent de la route.

On sait que le goudron de houille peut émettre des vapeurs d'ammoniac, de benzine, d'acide phénique, d'acide crésylique, qui sont plus toxiques que celles d'anthracène ou de naphtaline.

Certains, tout en reconnaissant l'influence nocive due au goudronnage, ne purent affirmer si elle

était due aux vapeurs et gaz, ou aux poussières tombées sur les feuilles.

D'autres attribuaient les taches à la fois aux deux groupes d'agents nuisibles ; d'autres encore plutôt aux poussières qu'aux gaz, ou inversement.

Pour les uns, les vapeurs qui se forment même à la température ordinaire, pénètrent dans les cellules végétales et tuent le protoplasma, ce qui entraîne, directement ou indirectement, la production de taches brunes ou noires sur les feuilles.

Il en est, par contre, qui ayant constaté que les émanations gazeuses ont réellement une action néfaste sur les plantes tenues en atmosphère confinée, ne pouvaient admettre qu'il en fût de même à l'air libre, où les faibles quantités de gaz sont diffusées au point qu'elles ne peuvent avoir aucune action sur la végétation.

En somme, on pourrait dire qu'il y a là une question d'espèce.

Il est certain, par exemple, qu'au moment où le goudron est répandu sur la route, c'est-à-dire quand, très fluide, il est à la température de 70 à 80 degrés, il émet plus facilement des vapeurs qu'à basse température.

De même, lorsque les rayons ardents du soleil de juillet frappent directement la chaussée.

Enfin, par temps calme, où dans les situations peu aérées, l'ambiance des arbres et autres plantes est plus riche en gaz, et quand la circulation est très active, il est certain que l'air contient plus de poussière goudronneuse.

Une fois sur les feuilles, le dépôt voit son action favorisée non seulement par le grand état de division de ses particules, mais aussi par une vive insolation et un air sec.

Le végétal lui-même peut être plus ou moins sensible, suivant l'espèce et son état général de santé.

Les plantes à tissus tendres, aqueux (bégonias, pélargoniums, saxifrages, etc.), sont plus exposées aux brûlures. Les platanes souffrent moins que les érables.

On a remarqué que le procédé qui consiste à défendre les jeunes plants de pins contre les déprédations des lapins, en goudronnant l'extrémité des pousses, ne nuit en aucune façon à leur développement.

Nous devons rappeler qu'une enquête faite en Allemagne, sous la direction du journal *Strassenbau*, avait conclu que le goudronnage des routes est sans action sur la végétation.

Quoi qu'il en soit, on recommande, tout au moins pour les situations où le goudronnage peut faire naître des accidents, de remplacer l'enduit de la surface de la route par un rechargement goudronné, afin d'éviter les goudronnages fréquents, ce qui, d'ailleurs, est adopté sur quelques grandes voies, d'éviter les épandages au moment du débourrement des plantes (bourgeonnement).

Il faut reconnaître qu'aujourd'hui les plaintes sont moins fréquentes. On signale même que le Bulletin de la Société d'horticulture de Genève ne craint pas de proposer le goudronnage des allées des jardins.

Par contre, le « Lyon Horticole » considère que cette opération est nuisible aux plantes en bordure.

Le promoteur du goudronnage, M. Guglielminetti, a montré que les craintes étaient injustifiées.

D'ailleurs, actuellement on emploie des produits moins nocifs, par exemple du goudron épuré, ou un mélange de pierraille et matière bitumeuse ou asphaltique.

M. G. Gatin a constaté, en expérimentant sur des plantes à tissus tendres, que la bitulithe, l'asphalte, le goudron numéro 8 modifié, donnent des poussières peu ou pas nuisibles.

Le goudron nº 8 est le moins inoffensif, car il ne contient pas de produits dérivés de la houille.

Mais l'auteur pense qu'il serait bon de l'essayer d'abord sur quelques routes très ensoleillées.

En admettant que le goudronnage ait quelques inconvénients pour les plantes du voisinage, on ne saurait oublier, comme le fait justement observer M. L. Vasseur, Ingénieur des Ponts et Chaussées, les très sérieux avantages qu'il procure, soit aux usagers de la route, soit aux habitants qui sont à proximité, soit encore au point de vue du bon entretien des chaussées.

C'est d'ailleurs aussi la conclusion de la plupart des savants, sinon tous, qui ont étudié la question.

Rappelons encore que la mortalité excessive des arbres, constatée à une certaine époque aux Champs-Elysées et au Bois de Boulogne, était attribuée, par certains, non pas au goudronnage, mais à l'intensification de la circulation des automobiles, qui laissent échapper des gaz toxiques. C'est ainsi que les arbres dépérissaient surtout dans l'allée des Acacias (Longchamp), qui est la voie la plus fréquentée du Bois de Boulogne. Les sujets de remplacement se développaient d'ailleurs mal..

*Le gaz d'éclairage.* — La canalisation qui conduit le gaz d'éclairage dans les villes peut présenter des fuites, notamment par les joints, d'autant plus à craindre que la pression du gaz est plus élevée, c'est-à-dire que le réseau de distribution rayonne plus loin de l'usine génératrice.

Le gaz qui se répand ainsi dans la terre peut nuire aux racines des arbres, et cela d'autant

plus que le sol est de nature argileuse, ou plus tassé, plus compact.

Un exemple typique est celui qui a été cité par l'ingénieur R. Buhk.

Sur une route du territoire de Hambourg, bordée de magnifiques marronniers, érables et tilleuls, on installa, sur l'un des côtés, une conduite de gaz.

Près de trois ans après on constata que sur 320 beaux sujets de cet alignement près de 26 avaient péri; 21 autres étaient desséchés et attendaient d'être abattus; enfin, 19 n'avaient que quelques branches vertes.

Les arbres de l'autre rangée étaient indemnes, sauf 3 placés à proximité des conduits de dérivation desservant des habitations.

On explique diversement l'influence nocive du gaz d'éclairage.

L'atmosphère confinée du sol se trouve plus ou moins privée d'oxygène, ce qui amène l'asphyxie des racines.

Certains composants du gaz, ou des produits qu'il entraîne, sont toxiques pour les tissus végétaux, l'éthylène en particulier.

Les recherches de Kny, de Spoeth et Meyer, ont montré qu'une quantité relativement faible de gaz d'éclairage tue en peu de temps les pointes des racines.

Sorauer, expérimentant sur des arbres à Berlin, a constaté que dans un sol infesté de gaz les racines sont intoxiquées; la chlorophylle des feuilles disparaît peu à peu, en commençant par les bords; l'assimilation est entravée, et la plante utilise sa propre substance, par respiration intramoléculaire.

Ces phénomènes indiquent l'existence d'un processus d'asphyxie, par suite du manque d'oxygène chez les racines.

Le dessèchement des organes verts à la périphérie entrave l'évaporation. Il y a excès d'eau dans les parties inférieures de la tige et les racines, en particulier dans l'écorce, ce qui, souvent, entraîne la pourriture humide et la mort de la base de la tige.

L'excès d'eau peut amener la chute des feuilles, chez certaines plantes à développement rapide, comme fuschsia, bégonia, azalea. Chez le taxus et autres arbres, un afflux trop élevé d'eau occasionne la formation de fortes protubérances, de lenticelles sur les racines.

J. Boehm a constaté la présence de thylles dans le tronc d'un Salix fragilis soumis à l'influence du gaz d'éclairage.

Il est évident que les plantes sont moins sensibles quand elles sont plongées dans le repos hivernal que pendant la période de croissance active. Enfin, les diverses espèces ne se comportent pas de la même façon.

La carence d'oxygène et les produits gazeux du gaz d'éclairage ne sont pas seuls à intervenir ici.

J. Boehm a en effet vérifié que lorsqu'on fait passer dans une terre contaminée un courant d'air continu, elle ne perd pas complètement ses propriétés nocives. C'est donc qu'elle doit s'imprégner de matières liquides, ou solides, goudronneuses ou bitumeuses.

Rappelons, à ce sujet, le fait suivant.

Sur une place de Givet (Ardennes), par suite d'une fuite de gaz, 8 platanes périrent. On en planta d'autres aux mêmes emplacements, mais qui ne voulurent pas pousser, bien que l'on eut parfaitement remué la terre.

On décida, alors, de remplacer cette dernière par de la saine, et d'autres platanes qui y furent mis se comportèrent normalement.

Harvey et Catlin ont constaté, au laboratoire botanique de Hull (E.-U.), que les constituants qui ne restent pas à l'état gazeux sont promptement absorbés par les particules de terre et fortement retenus, mais qu'ils sont peu ou point toxiques pour les racines.

Dans les constituants qui restent gazeux, l'éthylène est probablement le plus nuisible, sauf pour des concentrations très fortes du gaz d'éclairage, dans lesquelles il est à supposer qu'entre en jeu la toxicité d'autres substances et d'autres facteurs. Dans ce dernier cas, la mort des racines et de la plante est rapide.

**Antonin Rolet,**
Ingénieur agronome,
Professeur à l'Ecole d'agriculture
d'Antibes (A.-M.).

# BIBLIOGRAPHIE

## ANALYSES ET INDEX

### 1° Sciences mathématiques.

**Kraitchik** (M.). — **Traité des Carrés magiqnes.** *1 fascicule grand in-8° de* 108 *p.* (*Prix :* 25 *fr.*), *Paris, Gauthier-Villars*, 1930.

Ce Fascicule représente le VI^e chapitre du Grand Traité du même auteur : *La Mathématique des Jeux* ou *Récréations Mathématiques* qui sera analysé dans la Revue. Ce tirage à part, édité à Paris, alors que le Traité complet a paru à Bruxelles, nous a paru mériter une analyse spéciale.

L'auteur a voulu, dit-il lui-même dans sa préface : « présenter une théorie aussi complète que possible » des carrés magiques, et il s'excuse de continuer à employer ce mot de « magique » qui, d'après lui, devrait être proscrit de l'arithmétique. Personne ne s'y trompe plus aujourd'hui, et cette dénomination a le mérite de rappeler que, si la théorie des carrés magiques est tout à fait récente, certains d'entre eux étaient connus dès la plus haute antiquité. Ils ont été l'objet de longues méditations au temps où les sciences exactes n'étaient que les auxiliaires des sciences occultes et où les savants, de bonne foi ou pour gagner leur vie comme Képler, prétendaient avant tout au titre de « mage ». Et si Lucas a employé vers la fin du XIX^e siècle les termes de : « diabolique » et « cabalistique » pour désigner ses trouvailles dans le domaine qui nous occupe, c'est sans doute pour rappeler ces lointaines origines et peut-être pour retenir plus sûrement l'attention, car il écrivait à la belle époque du renouveau de l'occultisme, au moment de la grande vogue d'Eliphas Lévi, de Stanislas de Guaita et du Sâr Péladan.

Après avoir donné la définition des carrés magiques, et tracé un historique rapide de la question, M. Kraitchik étudie d'une façon très complète et très intéressante le carré d'ordre 3. Suivent les énoncés des règles les plus anciennement connues de formation des carrés magiques : celles de De la Loubère et de Bachet. Parmi ces anciennes méthodes, la plus générale est celle de La Hire. L'auteur n'en parle pas; il a hâte d'arriver aux théories plus générales encore, dont les méthodes ci-dessus constituent de simples cas particuliers.

Malgré les importants travaux d'Euler au XVIII^e siècle et ceux du général russe Frolow vers la fin du XIX^e, il faut arriver en effet à 1894 pour trouver dans l'ouvrage de Gabriel Arnoux « Arithmétique graphique », d'ailleurs encombré par une foule de considérations philosophiques qui n'ont pas grand chose à voir avec la question, une méthode et des procédés absolument généraux qui expliquent de la manière la plus simple tous les résultats antérieurs. Après lui, M. Margossian, poursuivant les mêmes idées, a obtenu d'importants résultats nouveaux et le livre analysé est un essai de mise au point, de présentation systématique, des résultats acquis à ce jour.

Peut-être aurait on pu imaginer une présentation différente, une classification procédant d'autres considérations : on doit convenir que la progression adoptée par l'auteur est parfaitement logique et laisse apercevoir les recherches qui sont encore à effectuer dans ce domaine.

Nous nous bornerons à indiquer rapidement l'ordre de succession des paragraphes. La belle théorie des carrés réguliers d'ordre premier est suivie de l'étude des carrés réguliers, d'ordre composé, avec de nombreux exemples, puis des généralisations fort attachantes que constituent les carrés latins et les carrés d'Euler.

L'étude approfondie du carré d'ordre 4, d'après Lucas, Frolow et Gérardin, fournit des résultats qui permettent de construire facilement les carrés d'ordre 4 k. Puis vient la méthode des bordures, de Frolow et Violle, qui s'applique aux carrés d'ordre quelconque.

Pour la construction des carrés magiques composés, M. Kraitchik fait connaître une méthode élégante analogue à celle qu'il a antérieurement exposée pour le problème des reines.

La construction des carrés panmagiques et bimagiques évoque les noms de Lucas, Barbette et surtout celui de M. Tarry qui a apporté à cette étude la contribution la plus importante en construisant ses « condensateurs cabalistiques ».

Enfin, sous le titre « Méthodes diverses » l'auteur complète le court historique du début, en s'efforçant de montrer ce que la théorie doit à chacun des auteurs qui s'en sont occupés. Ce résumé bibliographique est particulièrement intéressant, et, grâce aux dates qu'il renferme, éminemment utile.

L'ouvrage se termine par l'indication des autres figures magiques qu'il est possible de former car, sans sortir, comme l'a fait Arnoux, du domaine des trois dimensions, on peut construire des rectangles magiques, à condition que leurs deux dimensions soient de la même parité, des cercles magiques, des étoiles magiques et des cubes magiques.

Les curieux des propriétés des nombres disposent maintenant grâce à M. Kraitchik, d'une monographie qui leur évitera de nombreuses recherches dans les Revues, comptes rendus, et périodiques spéciaux.

P. J. RICHARD.

***

**Leib** (D.), *Professeur à l'Université de Yale.* — **Application du Calcul différentiel et intégral,** *traduit par* A. SALLIN. — *1 vol. in-8° de* 308 *p. A. Blanchard, éditeur, Paris*, 1930 (*Prix, broché :* 48 *francs*).

Tous ceux qui ont eu à utiliser les services de

jeunes gens sortant des grandes écoles ou des écoles techniques, ont été frappés des difficultés qu'éprouvent ces derniers non seulement à faire des applications réelles des cours, qu'ils possèdent d'ailleurs fort bien, mais aussi à exécuter les calculs numériques correspondants.

Ce n'est pas la première fois que nous le signalons, et M. Tripier, nous répondant à cet égard indiquait qu'à l'Ecole Centrale on ne négligeait pas le calcul numérique puisque l'examen d'entrée comporte une épreuve de ce genre. C'est fort bien. Il n'en reste pas moins cependant que seuls des exercices répétés sont susceptibles d'assurer une formation complète de l'ingénieur, et qu'un recueil de problèmes choisis et gradués serait précieux et très utile s'il était conçu justement en vue des applications concrètes qui se dresseront plus tard devant l'étudiant.

Or, voici que M. Sallin, précisément, nous donne une traduction d'un ouvrage semblable, dû au professeur Leib du Collège Connecticut de l'Université de Yale et qui comporte 3.500 problèmes de géométrie, de mécanique, de physique et de chimie physique.

La tendance pragmatique des américains est assez connue pour que l'on puisse être assuré que tout a été agencé dans l'ouvrage pour mener sûrement le lecteur à vaincre les difficultés. En effet les problèmes sont ici tous numériques et ont été classés par nature, en 19 chapitres, et dans chacun d'eux ils s'échelonnent suivant le plus ou moins de facilités qu'ils offrent.

Le lecteur, avant de s'y attaquer, trouvera un exposé clair et précis des théories en tête de chaque chapitre, de sorte qu'il aura son esprit préalablement orienté vers les questions qu'il va avoir à vaincre. Cette initiation est nécessaire et précieuse pour aider à parvenir à la solution dont le contrôle est ensuite fourni par le résultat que l'auteur a eu le soin de donner soit immédiatement après le libellé, soit à la fin du volume.

Le chapitre réservé aux équations différentielles qui effraient tant d'étudiants, est particulièrement à signaler comme le mieux et le plus complètement traité; il sera certainement apprécié des élèves travaillant seuls.

Les dix-neuf chapitres concernent toutes les applications du cours de calcul différentiel et intégral et un formulaire qu'il est bon de connaître par cœur termine le travail.

L'ouvrage est destiné aux élèves ingénieurs; mais les candidats aux certificats de licence ne le parcourront pas non plus sans profit. Quant aux professeurs eux-mêmes, ils pourront au point de vue pédagogique le consulter utilement.

M. Sallin à qui l'on doit déjà de nombreuses traductions d'ouvrages de mathématiques de langue anglaise, et qui sait avec beaucoup de compétence en faire un choix heureux, a encore su discerner l'intérêt de ce nouvel ouvrage qu'il était bon de faire connaître au public français, et cela lui assure un nouveau succès bien mérité, d'autant que l'éditeur a pris soin de présenter le volume dans des conditions matérielles que l'on ne rencontre plus aujourd'hui que rarement.

L. P.

***

**Volterra** (V.). — **Theory of functionals and of integral and integro differential equations.** — 1 *vol. in-8º relié de* XIV-226 *p. Blackie and Son, London,* 1935.

V. Volterra est l'un des plus grands mathématiciens de notre époque. Il expose dans ce volume une théorie générale bien connue, qui généralise les équations différentielles et le calcul des variations et ses applications dans les divers domaines des mathématiques. L'auteur a étudié ces questions dans une série de leçons faites à l'Université de Madrid en 1925 et publiées peu après en langue espagnole. Ce volume, complètement remanié, paraît aujourd'hui en anglais.

Le début concerne surtout les champs fonctionnels, les fonctionnelles linéaires et de degrés supérieurs, la dérivation, l'extension de la formule de Taylor, les fonctions dérivables. Ensuite sont exposés les problèmes du calcul fonctionnel, les systèmes d'équations différentielles, les équations fonctionnelles générales et la généralisation des équations différentielles. De là, l'auteur passe à la composition et à la perméabilité des fonctions et aborde le vaste sujet des équations intégro-différentielles.

Cela fait, il montre comment les théories générales qu'il vient d'exposer s'appliquent au calcul des variations, aux équations intégrales, aux marées ou plutôt aux seiches, à la vibration des membranes, à divers problèmes étudiés par Hilbert, Schmidt, Goursat, Vitali, Evans, à certaines questions de mécanique analytique.

Comment préciser la portée, certainement considérable, de ces vues? Est-ce dans le sens de limitation des recherches analytiques, de guide dans ces recherches, de synthèses de recherches connues? Est-ce une base qui servira à ajouter de nouveaux chapitres à l'analyse, à condenser certaines théories devenues aujourd'hui touffues à l'extrême? De tout cela un peu et même beaucoup, croyons-nous. Il est malaisé d'apprécier l'œuvre des pionniers de la science, surtout des mathématiciens hors de pair.

R. de Montessus de Ballore,
Docteur ès Sciences.

***

**Tables annuelles de Constantes et Données numériques**, Ch. Marie, *Secrétaire général. Vol.* VII, *année* 1925/26, 2 *tomes in-9º de* 1896 *pages. Gauthier-Villars et Cie, Paris*, 1930.

En publiant ce volume le Comité informe que la publication sous forme annuelle, reprendra au début 1931, avec le volume 9, contenant les documents de 1929.

Dans le présent volume, deux nouveaux chapitres sur les explosifs et les explosions dans les mélanges gazeux, ont été ajoutés. Par contre, les chapitres de photographie et de physique du globe n'y figurent pas et les données parues en 1925 et 1926 seront données dans le volume 8, avec celles des années 1927 et 1928.

On pourra en outre constater dans ce septième volume combien certains chapitres se sont développés. Nous signalons à ce point de vue les constantes diélectriques, l'analyse des cristaux par les rayons X et tout particulièrement le chapitre des spectres d'absorption dont on sait l'importance actuelle.

Pour faciliter le travail des recherches une table des matières détaillée, de listes des corps et de bibliographies où sont donnés les titres des mémoires dont les données ne sont pas susceptibles de figurer dans les tableaux numériques eux-mêmes, a été l'objet de tous les soins du Comité.

D'ailleurs, une table des matières des volumes 1 à 5 paraîtra prochainement où tous les corps classés par formules ou ordre alphabétique seront cités avec l'indication des mesures quantitatives dont ils auront été l'objet.

Dans la table des matières actuelle le classement a été fait d'après la nature des constantes, et le lecteur déterminera facilement le chapitre qu'il doit examiner. Pour certains chapitres d'ailleurs, plus particulièrement compliqués, le lecteur trouvera des tables partielles qui indiquent les corps et systèmes étudiés.

Telles qu'elles se présentent, les tables de constantes continuent de fournir aux chercheurs, une mine inappréciable de documents de premier ordre, ce qui leur assure la persistance de leur succès près du monde savant.

L. P.

## 2° Sciences physiques

**Bruhat** (G.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Cours d'Optique** — *1 vol. in-8° de 750 p., avec 657 figures. Masson et Cie, éditeurs, Paris,* 1930 (*Prix, broché : 100 francs*).

C'est certainement lorsque l'on enseigne l'optique que l'on sent, le plus, combien les progrès de la Physique ont débordé l'organisation déjà vieille de notre Enseignement supérieur, et que l'on s'aperçoit le mieux de l'impossibilité de faire entrer une science aussi riche en résultats acquis et en promesses d'avenir dans le cadre d'un certificat unique.

Aussi quand l'auteur a rédigé son livre il lui a paru très difficile, nous dit-il, de dire quelles sont celles des questions, très variées que comprend l'Optique, qui doivent aujourd'hui être connues des étudiants. En effet les progrès dans l'étude des radiations ont été si rapides depuis quelque temps que l'on peut avoir deux conceptions très différentes du cours d'optique destiné aux étudiants de physique générale. Doit-on leur apprendre les parties classiques et définitivement établies? ou bien, au contraire, leur donner une vue d'ensemble de l'état actuel des progrès de la Physique et les préparer directement à prendre part à la recherche scientifique?

Mais l'impossibilité, pour un Professeur, de faire entrer dans son cours oral tout ce qu'il désirerait y voir sans imposer à son auditoire un effort excessif, n'existe plus quand il s'agit d'un livre, car l'étudiant qui prépare un certificat, peut toujours laisser de côté les chapitres qui ne correspondent pas à ses programmes, et il sera sans doute heureux, plus tard, de trouver dans son livre des indications sur les sujets qu'il a dû négliger.

L'auteur a donc, dans son cours, essayé de traiter l'ensemble des matières qui constituent l'Optique classique, d'y résumer les faits expérimentaux essentiels mis en évidence par les recherches modernes, et les lois théoriques qui permettent de les relier; cependant il a laissé de côté les questions comme celle des effets optiques du mouvement, et l'optique géométrique, et c'est là un vif regret pour nous, car l'optique géométrique dans sa partie supérieure a été, il faut en convenir, bien abandonnée en France jusqu'à la création de l'Institut d'Optique, et seul l'ouvrage de Blein a mis le public français au courant des méthodes utilisées à l'étranger, lesquelles ont fait le succès de l'optique industrielle allemande en particulier.

Dans le premier chapitre, l'auteur s'est donc borné à rappeler sommairement les définitions et théorèmes fondamentaux de l'optique géométrique, qui, avec trois autres chapitres consacrés à l'étude mathématique générale des vibrations, à leur propagation et à leur interférence, forment la première partie de son ouvrage.

La deuxième partie est constituée par l'étude des interférences de la lumière et la troisième par l'étude de sa diffraction.

L'auteur s'excuse du développement donné à une partie aussi classique que les mesures interférométriques de longueurs d'ondes ou les franges de diffraction de Fresnel car il pense que c'est une erreur de vouloir étudier les derniers progrès de la physique sans connaître les travaux au cours desquels nos devanciers ont établi les lois et réalisé les appareils qui ont permis les progrès de la physique.

L'œuvre de Fresnel n'est pas encore démodée et les mesures interférométriques sont à la base de toutes les mesures spectrométriques.

La quatrième partie est consacrée, après un premier chapitre résumant les preuves expérimentales de la transversalité des vibrations lumineuses, à l'étude de la théorie classique de la propagation de la lumière dans les milieux isotropes.

Les derniers chapitres de cette partie étudient la réflexion et la réfraction par les corps transparents et les corps à absorption métallique, la dispersion, et l'absorption.

La cinquième partie est constituée par l'Optique des milieux anisotropes ou dissymétriques que l'on pourrait croire à sa place dans un cours de minéra-

logie. Mais des physiciens ne peuvent ignorer que l'introduction de l'anisotropie du milieu dans les équations fondamentales des théories de la lumière conduit tout naturellement à l'interprétation des phénomènes de l'optique cristalline, ni n'avoir jamais vu des expériences aussi curieuses que celle de la réfraction conique, ou aussi belles que celle des interférences produites par des lames cristallines, et ils ne peuvent pas ignorer non plus que l'étude des biréfringences accidentelles ou du pouvoir rotatoire conduit à l'étude de l'anisotropie ou de la dissymétrie de la molécule.

Enfin, la sixième partie qui représente environ un quart du livre, donne les résultats les plus importants des recherches spectroscopiques aussi bien en ce qui concerne les spectres de rayons X que les spectres optiques.

L'auteur s'est attaché à montrer comment l'expérience a conduit progressivement aux différentes lois admises aujourd'hui. Mais, tout en donnant la prépondérance au point de vue expérimental, il a été forcé pour établir une liaison entre les différents faits observés, d'exprimer cette liaison en un langage théorique, et il a choisi le langage des théories de Böhr et de Sommerfeld.

La discontinuité de l'énergie lumineuse et l'existence des quanta de radiations dominent toute la spectroscopie moderne; ainsi cette dernière partie du livre s'oppose à toutes les autres, où l'énergie rayonnante apparaît comme continue, et ainsi, dans ce cours d'optique, on retrouve le double aspect que présente la Physique depuis vingt ans; l'auteur n'a pas essayé de montrer comment, à la suite de L. de Broglie et de Schrödinger, on a tenté de les concilier, pas plus que de montrer comment les nouvelles mécaniques parviennent à lever certaines des contradictions des théories de Böhr et de Sommerfeld; il s'est borné à insister à diverses reprises, à propos du phénomène de Zeeman et de l'effet Raman sur le fait que la théorie des quanta ne s'oppose pas à la théorie classique, mais la prolonge et la complète.

Ce livre est plus qu'un ouvrage d'enseignement et ses lecteurs y trouveront certainement le désir de prendre rang à leur tour parmi les chercheurs qui s'efforcent d'accroître par des expériences nouvelles, nos connaissances sur la nature de la lumière et la constitution de la matière. C'est bien sûr là le plus bel hommage que l'auteur pouvait souhaiter voir adresser à son livre dont la présentation matérielle parfaite a reçu tous les soins de la grande maison d'édition à qui nous le devons et à laquelle iront les remerciements des étudiants.

L. Potin.

***

**Dirac** (P. A. M.). — **The Principles of Quantum Mechanics.** — 1 *vol. in-8° de* 258 *p., édité par The Clarendon Press* (*Oxford*) (*Prix :* 17 *sh.* 6).

Nous avons dit ici même quel intérêt présente, au point de vue de la physique théorique, l'apparition du livre de Dirac. Ce livre nous est parvenu d'abord dans la traduction allemande, et le lecteur se référera aux réflexions que nous a inspirées cette traduction pour connaître notre avis sur la très grande valeur du travail de Dirac. L'édition originale anglaise, qui ne diffère en rien quant au fond de l'édition allemande, a sur celle-ci des avantages marqués au point de vue de la typographie et de la présentation. La Clarendon Press a su présenter cette importante synthèse de la Mécanique quantique avec un luxe d'impression et de papier vraiment digne d'elle. Beaucoup de lecteurs français préféreront sans doute s'initier aux méthodes si originales de Dirac sur le texte anglais plutôt que sur la version, d'aspect moins élégant, qu'a éditée Hirzel à Leipzig. Le présent livre fait partie d'une Collection dite « International Series of Monographs on Physics », dont les éditeurs sont R.-H. Fowler et P. Kapitza. Si tous les ouvrages de cette Collection se présentent avec la même tenue que celui-ci, on peut augurer le plus grand succès de son avenir.

L. P.

***

**Staudinger** (H.), *Directeur de l'Institut chimique de l'Université de Fribourg-en-Brisgau, et* **Frost** (V.), *Docteur ès Sciences.* — **Introduction à l'analyse qualitative organique,** *traduit de la* 2e *édition allemande par* Eric W. Reuss, *Docteur ès Sciences.* — 1 *vol. in-8° de* 192 *pages. Dunod, éditeur, Paris,* 1930. (*Prix, broché :* 46 *francs.*)

L'enseignement pratique de la chimie organique est limité le plus souvent dans les laboratoires à des travaux de synthèse.

L'analyse organique doit cependant trouver place dans l'enseignement au même titre que l'analyse inorganique, l'étudiant apprenant bien mieux à connaître les propriétés des corps par des travaux analytiques que par des travaux de pure synthèse où il n'aura à s'occuper que d'un nombre relativement restreint de réactions. La pratique répétée de l'analyse qualitative organique est une des meilleures préparations à l'étude des autres problèmes qui se présenteront à l'étudiant par la suite. Cette méthode offre encore l'avantage de n'exiger que des moyens modestes.

Cet ouvrage comble donc véritablement une lacune dans l'enseignement de la chimie appliquée en définissant les méthodes de séparation d'un mélange simple de corps organiques connus en apprenant à en identifier et caractériser les divers constituants sans qu'il soit nécessaire, dans la plupart des cas, de recourir à l'analyse élémentaire.

Il sera certainement apprécié des professeurs et des étudiants et est appelé à rendre de grands services dans les laboratoires scientifiques et industriels.

L. P.

***

**Moreau** (Georges), *Doyen de la Faculté des Sciences de Rennes.* — **Etude sur l'utilisation de l'Energie des Marées en France.** — 1 *vol. in-8° raisin* (*Prix, broché :* 25 *fr.*). *Delagrave, Paris,* 1930.

Le sujet traité dans ce volume a été développé devant un auditoire composé surtout d'étudiants auxquels l'auteur a voulu faire connaître l'état d'une question qui intéresse tout spécialement la Bretagne.

Il résume les principales solutions envisagées jusqu'ici pour l'utilisation des marées, les travaux de Georges Claude et Boucherot y sont exposés. Après examen des moyens de régularisation de la puissance du récepteur hydraulique, l'auteur applique ces procédés à quelques stations choisies de préférence sur la côte Nord de la Bretagne qui est la plus propre à leur installation en raison de l'importance des marées qui y sont observées.

Ce livre résume ainsi les solutions principales envisagées jusqu'ici pour l'utilisation de l'énergie des marées en mettant en relief les difficultés et les possibilités d'organisation; c'est avant tout un exposé théorique, la réalisation pratique restant du domaine naturel de l'ingénieur. Le côté économique est seulement esquissé et les devis présentés sont forcément approximatifs car les stations retenues comme siège des futurs usines marémotrices mériteraient chacune une étude qui en établirait la possibilité de rendement.

Dans le domaine dont il s'agit, beaucoup de difficultés restent à résoudre, en ce qui concerne notamment l'écoulement des grandes masses d'eau dont les lois sont peu connues. L'emploi de toute l'énergie hydraulique est devenue nécessaire dans notre pays en raison du déficit actuel accusé par la production de la houille. Il y a donc urgence à se servir de l'énergie des marées.

Si l'utilisation mécanique de l'énergie des marées est possible, il n'en reste pas moins certain que beaucoup de problèmes la concernant restent encore à résoudre, et beaucoup traiteront un tel projet d'utopie, en raison en particulier de ce que le rendement ne correspondra pas au capital engagé. Il semble cependant qu'un effort financier modéré pourrait amener d'utiles réalisations. C'est ce que montrera la tentative de l'Aberwr'ach montée, peut-être prématurément, sur l'initiative de l'ancien Ministre des Travaux Publics Le Trocquer.

La lecture de cet ouvrage sera en tout cas utile à tous ceux qui veulent être renseignés sur l'utilisation de l'énergie des marées.

L'ouvrage comporte quatorze chapitres : le premier est une introduction; le deuxième un historique; le troisième concerne les bassins à double effet; le quatrième la continuité de la puissance; le cinquième les bassins conjugués; le sixième les cycles divers qui peuvent être envisagés; le septième la régularisation annuelle de l'usine marémotrice; le huitième l'énergie récupérée par les turbines; le neuvième l'usine marémotrice dans son organisation; le dixième l'application des divers cycles d'écoulement qui peuvent être réalisés; le onzième l'étude rapide de la Rivière de la Rance; le douzième les usines marémotrices diverses de Bretagne; le treizième l'aménagement hydraulique de la baie de la Somme et le quatorzième enfin expose les conclusions qui peuvent se dégager des études précédentes.

L. P.

## 3° Sciences naturelles.

**Deflandre** (G.), *Docteur de l'Université de Paris, Directeur des Annales de Protistologie.* — **Microscopie Pratique.** *Le Microscope et ses applications. La Faune et la Flore microscopiques des Eaux. Vol. XXV de l'Encyclopédie pratique du Naturaliste.* — 1 *vol. in*-12 *de* 373 *pages,* 20 *planches coloriées,* 115 *planches noires,* 1.800 *figures.* (*Prix* : 50 *fr.*). *Paul Lechevalier, éditeur, Paris,* 1930.

L'auteur de ce bel ouvrage fait d'abord remarquer, dans son avant-propos, que le microscope n'a jamais joui en France d'une vogue comparable à celle dont il a été l'objet en Angleterre, en Amérique et en Allemagne, et que c'est pour secouer cette indifférence qu'il présente au Public, ce manuel de microscopie pratique, laissant à de nombreuses illustrations le soin de séduire le lecteur.

En fait, ce livre est une nouveauté, et rien de ce genre n'existe en France, car il faudrait consulter de nombreuses publications pour pouvoir trouver la grande quantité de figures microscopiques qu'il renferme, sans compter les dessins originaux ou microphotographiques :

La première partie est consacrée au microscope lui-même : description de ses différentes parties, mécaniques et optiques, appareils à dessiner et à mesurer, entretien et emploi de l'instrument, préparations microscopiques temporaires et définitives, fixation et coloration, cette dernière si utile pour mettre en évidence les différents constituants des cellules et des tissus, procédés de récolte, etc. Tous ces chapitres contiennent d'excellents conseils pratiques pour préparer et observer les objets dans les meilleures conditions. Notons aussi un calendrier très utile au micrographe pour choisir le meilleur moment des récoltes qu'il désire effectuer.

La deuxième partie de l'ouvrage présente quelques exemples choisis parmi les objets les plus intéressants de la zoologie et de la botanique, et s'étend surtout sur la flore et la faune microscopiques des eaux douces (plancton d'eau douce), et marines (plancton marin), ce dernier d'une importance biologique bien plus grande que le plancton des eaux douces; source inépuisable de recherches, et pour lequel on a inventé de nombreux filets de pêche. Ce plancton microscopique comprend, outre des crustacés, des représentants de plusieurs groupes avec prédominance des diatomées et des péridiniens (dinoflagellates).

Des chapitres spéciaux se rapportent ensuite à la *microbiologie* (bactériologie, spirochètes, champignons pathogènes, levures), aux *diatomées*, d'une si

merveilleuse ornementation, et aux *applications diverses du microscope* (analyse microchimique, fibres textiles, papiers, métallographie, coprologie, falsification des substances alimentaires et pharmaceutiques, etc.

Tous les nombreux organismes mentionnés dans cet ouvrage sont exactement figurés dans les planches noires et coloriées, leur nom étant suivi, le plus souvent, dans la légende explicative, du chiffre indiquant leurs dimensions en μ, ou millième de millimètre. L'auteur ne pouvait s'étendre longuement sur chaque groupe, mais le résumé qu'il en donne et leur classification, reposent sur les recherches les plus récentes dans la botanique et la zoologie microscopiques; citons, comme exemple, le groupe si étendu des protozoaires, reliés insensiblement aux protophytes et réunis souvent avec eux sous le vocable de *protistes.*

Dans chaque groupe le lecteur trouvera décrits les caractères, la bibliographie, la récolte et la technique de l'étude et de la préparation des espèces qui le composent. La clarté et la précision scientifiques règnent dans tout l'ouvrage.

Pour vaincre l'indifférence du public envers le microscope, il faut employer tous les moyens pour lui montrer le grand plaisir et l'utilité de ces sortes de voyages qu'il permet de faire dans le monde des infiniment petits. Quelle situation pénible et absurde, par exemple, que celle du touriste en vacances, dans les périodes de pluie et de mauvais temps, qui se décourage et se lamente, ne sachant que faire, alors qu'avec quelques algues, quelques organismes récoltés dans les environs, un peu d'eau recueillie dans une mare ou un fossé voisin, et un petit microscope portatif, il peut passer agréablement son temps et intéresser tout son entourage. Le maniement du microscope et les exercices pratiques d'histoire naturelle devraient être enseignés dans les Ecoles primaires et dans les Lycées. C'est que l'étude des sciences naturelles ne constitue pas seulement un passe-temps récréatif, elle procure le calme de l'esprit, adoucit les mœurs, développe le sens de l'observation et entretient en même temps la santé, par les courses au grand air dans la campagne ou sur les rivages, à la recherche des objets à examiner. N'est-ce pas d'ailleurs au microscope que l'on doit la découverte des causes d'un grand nombre de maladies de l'espèce humaine, des plantes et des animaux, et tant d'applications au commerce et à l'industrie? Il faut donc féliciter M. Deflandre, l'auteur de cet intéressant et utile ouvrage et son éditeur M. Paul Lechevalier, le fondateur de l'Encyclopédie pratique du Naturaliste, pour le soin qu'il a apporté à cette édition.

D<sup></sup>r G. D.

## 4° Sciences médicales

**Fayol** (Amédée). — **La Vie et l'Œuvre d'Orfila.** *Préface de* Louis Madelin, *de l'Académie française.* — 1 *vol. in*-18 *de* 315 *pages* (*Prix :* 15 *fr.*). *Albin Michel, Paris*, 1930.

Il est peu de savants qui aient connu dès leur début de plus retentissants succès et joui plus tard d'une renommée aussi universelle que le médecin et chimiste Orfila. Il en est peu aussi qui aient mené une existence aussi mouvementée.

Né en 1787, il fut destiné d'abord à la carrière maritime par son père, honorable commerçant de Mahon, aux Baléares, qui d'ailleurs lui fit donner une instruction fort soignée : à 13 ans, il savait, outre l'espagnol, sa langue maternelle, le français, l'anglais, le latin et le grec; mais ses débuts comme mousse, dans un voyage en Méditerranée traversé de fâcheuses aventures, l'éloignèrent à tout jamais de la profession de marin et lui révélèrent sa véritable vocation : celle de médecin.

C'est au cours des études qu'il fait dans ce but, aux Universités de Valence et de Barcelone, qu'à la lecture des découvertes récentes de Lavoisier, de Fourcroy et de Vauquelin il sent naître une passion pour la Chimie; il se distingue à tel point dans ce domaine qu'après avoir conquis le diplôme de docteur il est désigné par la Junte de Commerce catalane de Barcelone pour aller à Paris étudier les applications de la chimie aux arts. Agé de 20 ans seulement, il arriva dans la grande capitale où il devait accomplir toutes les étapes de sa brillante carrière.

D'une part, il se met à étudier la chimie avec Fourcroy et Vauquelin dont il devient le meilleur élève; de l'autre, il reprend ses études de Médecine jusqu'à l'obtention du doctorat français. Puis, tandis qu'il donne des cours privés pour vivre, il se lance dans l'étude de la toxicologie, science alors à peu près inexistante, et après plusieurs années de recherches chimiques, anatomiques et physiologiques (au cours desquelles il sacrifia plus de 4.000 chiens), il publie en 1813-14 son célèbre *Traité des Poisons* en 2 volumes où il fondait la Toxicologie scientifique; cet ouvrage, qui eut un énorme succès et fut aussitôt traduit en plusieurs langues, ouvrit à l'auteur, à 28 ans, les portes de l'Académie des Sciences à titre de membre correspondant.

L'année suivante, Orfila publiait un autre volume destiné à faire date : les *Eléments de Chimie médicale*, remarquable par la parfaite coordination des faits et la clarté qui préside à leur exposé. En 1817, il remplaçait Thénard dans ses cours à l'Athénée, et en 1819, après s'être fait naturaliser français, il était nommé professeur de Médecine légale à la Faculté de Médecine de Paris. Doué de très brillantes qualités d'exposition, il y enseigna pendant trente années avec un succès qui ne se démentit jamais. Mais Orfila n'était pas seulement un professeur de talent : c'était un administrateur hors ligne. Il le montra lorsqu'il eut été nommé doyen de la Faculté en 1831 : il y réorganisa complètement les études, mesure qui s'étendit d"ailleurs bientôt à la France entière, enrichit les collections anatomiques de la Faculté (il a créé le Musée qui porte aujourd'hui son nom) et la dota de cliniques nouvelles.

Toutes ces activités, et le rôle en vue que joua Orfila dans de nombreuses expertises médico-légales

(comme dans le procès de Mme Lafarge), portèrent, malgré les critiques de quelques envieux, sa popularité à l'apogée et lui valurent honneurs et distinctions en abondance. La Révolution de 1848 et les manœuvres d'ennemis auprès du nouveau Gouvernement mirent un terme à sa carrière officielle, mais non à son activité, qui se tourna surtout vers les œuvres philanthropiques et prit fin en 1853.

M. Amédée Fayol a retracé alertement, en l'agrémentant de détails pittoresques, cette existence si remplie, qui méritait d'être mieux connue.

V. A.

## 5° Art de l'ingénieur.

**Nachtergal** (A.). — **Calcul et construction des grues**, 2e *édition*. — 1 *vol. in-8° raisin de* 358 *pages, avec* 372 *fig. dans le texte. Lib. Polytechnique Ch. Béranger, Paris,* 1930. (*Prix, relié :* 85 *fr.*).

A une époque où la concurrence en matière d'appareils de levage est devenue si âpre et de plus en plus difficile il est nécessaire, pour un Ingénieur, de pouvoir étudier rapidement un projet de façon à pouvoir proposer un engin répondant aux conditions de la commande.

Aussi, malgré que déjà beaucoup d'ouvrages soient parus sur les grues un volume comme celui-ci n'en reste pas moins très utile.

Les grues comportent deux parties distinctes : la charpente et le mécanisme. Il ne s'agit ici que de la charpente et on n'y trouvera rien concernant le mécanisme qui varie suivant la force motrice que l'on adopte.

Le but de l'ouvrage est essentiellement la recherche des efforts dans les différentes parties formant l'ossature, et chacun des 14 types de grues qui y sont étudiés fait l'objet d'un chapitre distinct.

Un dernier chapitre renferme des renseignements très divers dont a besoin également l'ingénieur-constructeur qui trouvera dans les trois premiers chapitres les éléments de mécanique et de résistance des matériaux nécessaires à ses études.

Les détails de construction ont été multipliés et des plans d'exécution sont également donnés. Pour mieux préciser les problèmes que pose la construction des grues, à l'occasion de chaque type il est donné un exemple numérique de grue déjà construite. Les exemples numériques ont en effet une grande valeur éducative et ne peuvent être négligés dans un travail destiné à des techniciens qui devront se trouver en prise avec des difficultés réelles.

Pour que ce volume puisse être consulté par tous les techniciens l'auteur n'a eu recours qu'aux mathématiques élémentaires et à côté des calculs analytiques il n'a pas manqué de donner la solution graphique qui s'impose désormais à tous les bureaux d'études où ce livre a donc sa place.

F. Michel.

## 6e Sciences diverses

**D'Ocagne** (M.), *de l'Académie des Sciences.* — **Hommes et Choses de Sciences**. — 1 *vol, in-*12 *de* 303 *p. Vuibert, éditeur, Paris,* 1930. (*Prix, broché :* 15 *francs*).

Ce petit volume renferme, à quelques variantes près, des articles que l'auteur a fait paraître dans divers périodiques et principalement dans le *Figaro* consacrés à quelques-unes des figures les plus remarquables de mathématiciens et de polytechniciens : Viete, Fermat, de Borda, Lagrange, Laplace, Monge, Cauchy, Poncelet, Chasles, Galois, Napoléon, Foch Séjourné, Caquot, etc. On ne s'étonnera pourtant pas de ne pas y rencontrer celles de Poincaré et d'Ampère dont l'auteur a déjà parlé par ailleurs.

L'ouvrage n'est évidemment pas destiné aux scientifiques. Mais tout homme cultivé éprouve le besoin de se rendre compte de ce qui constitue l'essence et l'allure générale des sciences et certainement les mathématiques sont celles qui restent pour lui les plus hermétiques et dont il aimerait cependant avoir une idée générale. Malheureusement, il est bien difficile et même impossible d'en parler à des non-initiés. Cependant, l'on peut plus aisément montrer l'importance de l'œuvre de quelques mathématiciens français et faire scruter les raisons sur lesquelles a pu se fonder leur renommée, comme de les faire revivre dans de rapides esquisses.

C'est l'objet même de ces quelques pages que nul autre mieux que M. d'Ocagne n'était qualifié pour écrire.

La plume de l'éminent géomètre, toujours égale, est en effet simple, claire et concrète, de sorte qu'on le suit sans effort. C'est sûrement ce que demandent les lecteurs éventuels de son présent travail qui lui sauront assurément gré d'aller, pour eux, jusqu'à leur faire sentir si aisément la beauté intrinsèque des mathématiques et les plaisirs esthétiques qu'elles offrent à ceux qui les cultivent.

Mais il n'y aura pas que le public cultivé qui pourra lire ces pages, le savant lui-même ne sera pas sans y trouver des choses inédites pour lui quand, par exemple, pour ne citer qu'un ou deux exemples, il y découvrira la noble figure, si peu connue, d'Auguste Choisy et qu'il y trouvera, rappelées brièvement, les principales étapes de la vie du grand romancier qui a enchanté sa jeunesse : Jules Verne, que l'auteur a bien connu.

Par ses qualités littéraires, par la notoriété des hommes de science dont il est parlé, ce livre méritera le succès qui l'attend.

L. P.

# ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

### ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

*Séance du* 10 *Juillet* 1930.

1° Sciences physiques. — M. **F. Urbach** : *Sur l'explication de la règle de Stokes.* — MM. **A. Dadieu** et **K.-W.-F. Kohlrausch** : *Etudes sur l'effet Raman.* X. *Le spectre de Raman des substances organiques.* Les auteurs ont étudié 16 représentants des corps aminés et le comportement des groupes — $NH^2$ et $>$ NH. — M. **R. Reinicke** : *L'utilisation du spectre de Raman de $CH^2Cl^2$ par K.-W.-F. Kohlrausch.* L'auteur a créé un modèle de C tétraédrique qui lui permet de tirer d'intéressantes conclusions en accord parfait avec les résultats des mesures physiques en ce qui concerne les distances des atomes. Il montre en particulier que les 4 Cl du $CCl^4$ ne se trouvent pas aux sommets d'un tétraèdre régulier, non plus que les 4H de $SiH^4$. — MM. **F. Urbach** et **G. Schwarz** : *La luminescence des halogénures alcalins.* III. *Mesures de thermoluminescence.* — Mlle **F.-G. Wick** : *Essais sur la radiothermoluminescence.* — Mlle **B. Karlik** : *Recherches sur la luminescence du sulfure de zinc et du diamant sous l'action du rayonnement radio-actif.* L'auteur a étudié la destruction de la luminescence sous l'action séparée des rayonnements $\alpha$ et $\gamma$ purs, ce qui l'a conduit à des résultats bien différents de ceux qu'avait obtenus Marsden avec un rayonnement $\alpha$-$\beta$-$\gamma$ mélangé. — MM. **J. Pollak** et **K. Deutscher** : *Sur la préparation d'un acide o-aminothiophénolsulfonique.* — M. **E. Katscher** : *Sur les sulfochlorures et sulfonylides de xylénol.* L'auteur a obtenu ces composés par l'action soit de l'acide chlorosulfonique, soit d'un mélange de cet acide avec l'anhydride sulfurique, sur les cinq xylénols isomères. — MM. **A. Muller** et **P. Bleier** : *Sur deux synthèses de l'heptaméthylène-imine.* Les auteurs ont préparé ce corps avec de faibles rendements soit par réduction de la subérone-isoxime avec Na et l'alcool, soit par action de la *p*-toluène sulfamide sur le 1: 7 dibromo-*n*-Leptane et élimination du groupe *p*-toluène sulfonique. — MM. **A. Kailan** et **A. Irresberger** : *L'éthérification des acides* 3 : 5-*diamino-et iodo-benzoïques par HCl en solution dans l'alcool éthylique.* Détermination des constantes d'éthérification et influence des substitutions sur leur valeur. — MM. **A. Kailan** et **A. Irresberger** : *Influence des sels neutres sur les vitesses de réaction en solutions alcooliques.* Etude de l'influence d'additions de $HgCl^2$, Li Cl et $CaCl^2$ sur la vitesse d'éthérification de l'acide benzoïque dans l'alcool éthylique, catalysée par HCl. Avec une teneur en eau de 0,05 mol. il y a diminution ; avec une teneur en eau de 1,3 mol., il y a augmentation, très forte pour $Ca Cl^2$, moindre pour Li Cl, et diminution pour $Hg Cl^2$. — MM. **A. Brukl** et **G. Ortner** : *Les sulfures de gallium.* L'action du S sur Ga à 1255° fournit un sulfure de Ga III jaune, dégageant $H^2S$ à l'air humide. Par réduction avec H, il se forme un sulfure de Ga II jaune, sublimant à 800° et fondant à 950°. Par réduction subséquente, on parvient au sulfure de Ga I, gris-noir, sublimant à 700° dans un vide élevé et se décomposant au-dessus de 800° en Ga et trisulfure. — M. **F. Hœlzl** : *Mobilité de quelques ions renfermant du fer.* III. — M. **O. Dischendorfer** : *Sur l'o-chlorobenzaldinaphtol.* — MM. **O. Dischendorfer** et **H. Juvan** : *Sur l'allobétuline.*

2° Sciences naturelles. — M. **L. Waldmann** : *Sur la géologie du mont Rosalie.* — M. **L. Waldmann** : *Etudes géologiques sur la zone des schistes lustrés du sud de la Bohême.* — M. **H.-V. Graber** : *Recherches géologico-pétrographiques dans les montagnes de l'Autriche supérieure et du sud de la Bohême.* — M. **J. Regen** : *Sur la structure de l'organe stridulant de quelques Orthoptères sauteurs.* — MM. **F. Friza** et **H. Przibram** : *L'organe des sens de Johnston dans les antennes (aristopèdes) des* Sphodromantis *et* Drosophila. L'homœose régénérative, qui se produit régulièrement dans le rachis pendant la croissance d'un membre osseux après section de l'antenne chez le *Dixippus morosus*, a été attribuée à l'absence de l'organe de Johnston. Les auteurs ont répété des expériences analogues sur la *Sphodromantis bioculata* et la *Drosophila melanogaster*. Tant dans le pédicelle de la première qui, après ablation de l'antenne, se régénère en diverses parties du rachis et porte de nouveaux articles à caractère osseux, que dans le pédicelle de l'aristopède de *Drosophila*, l'organe de Johnston se développe distinctement. L'apparition du caractère osseux n'est donc pas constamment liée à l'absence de l'organe de Johnston. — M. **H. Przibram** : *Influence du dosage de l'infundine et de l'adrénaline sur la couleur de nos grenouilles : Rana esculenta, Rana fusca, Hyla arborea.* L'auteur a reconnu que les poissons et les grenouilles ne se distinguent pas, en principe, dans leur réaction colorée à l'injection d'infundine, sauf qu'il faut une dose sensiblement plus forte (presque mortelle) chez les dernières pour produire l'éclaircissement de la coloration. L'action de l'adrénaline semble varier avec la dose injectée. — M. **H. Przibram** : *Rôle des perceptions visuelles dans le changement de coloration des grenouilles.* Les essais de l'auteur sur des grenouilles placées dans des récipients en verre, entourés au fond et sur les côtés de papiers de diverses couleurs, montrent indubitablement que ces couleurs influent sur la couleur des grenouilles qui les voient. — M. **R. Zieske** : *Influence de l'enlèvement de l'hypophyse ou des yeux sur la variation de coloration de la grenouille* Hyla arborea. L'enlèvement de l'hypophyse à l'animal devenu sombre dans un milieu obscur le rend rapidement vert clair ; il ne peut alors plus redevenir sombre quel que soit le milieu où on le place. La coloration des grenouilles rendues aveugles passe immédiatement à la coloration inverse : du noir au vert, ou du vert au vert sombre.

L. B.

*Le Gérant :* Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.—2-31.